

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2010

LENKA LAIFROVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 - Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

FILTRACE VZDUCHU V PRŮMYSLU

AIR FILTRATION - INDUSTRIAL

Lenka Laifrová

KHT-028

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Cerman, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran textu... 85

Počet obrázků..... 26

Počet tabulek..... 16

Počet grafů1

Počet stran příloh . ..0

Zadání diplomové práce

(vložit originál)

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomáhali při psaní této diplomové práce. Především svému vedoucímu, panu Ing. Jiřímu Cermanovi, Ph.D. a také konzultantovi Ing. Martinu Kopici za ochotu, cenné rady a připomínky během celého průběhu psaní mé diplomové práce.

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá aplikací nanovlákných vrstev do vzduchových filtrů ve spolupráci s firmou Elmarco, s.r.o. Úkolem práce je analyzovat trh vzduchové filtrace v průmyslu, současné výrobce filtrů a také dnes běžně používané filtry. Na základě této analýzy poté vybrat segment, ve kterém bude mít aplikace nanovlákných vrstev největší možnosti uplatnění. Posledním úkolem práce je zpracovat technologicko-ekonomické zhodnocení nanovlákných filtrů pro výslednou aplikaci a analyzovat příležitosti a hrozby při zavádění inovativního produktu na trh.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Nanovláknna

Vzduchová filtrace

Nanovláknenná vrstva

Filtr

Analýza trhu

ANNOTATION

This thesis, deals with the application of nanofiber layers to air filters in cooperation with Elmarco, s.r.o. Task is to analyse market air filtration industry, the current manufacturer of filters and the filters commonly used today. Based on the analysis result segment where the application of nanofiber layers will have highest use possibility is selected. Last task is to prepare a thesis technological-economic evaluation of nanofiber filters for the final application and analyse opportunities and threats in the introduction of innovative products to market.

KEY WORDS:

Nanofiber

Air filtration

Nanofiber layer

Filter

Market analysis

Obsah

ÚVOD	10
1. FILTRACE	11
1.1 Rozdělení filtrace	11
1.2 Filtrace vzduchu	12
1.3 Typy filtrů na základě jejich tvaru	13
1.4 Materiály používané k výrobě vzduchových filtrů	16
1.5 Parametry a užité vlastnosti filtrace	16
1.5.1 Filtrační vlastnosti.....	17
1.5.2 Hlavní parametry filtrace	18
1.5.3 Metody testování filtračních vlastností.....	19
1.6 Typy filtrů v závislosti na jejich filtrační účinnosti	21
2. NANOVLÁKNA VE FILTRACI.....	21
2.1 Definice nanovlákn.....	21
2.2 Způsob výroby nanovláken	22
2.3 Hlavní výhody nanovláken ve filtraci a výrobního zařízení	23
2.4 Testy dokazující účinnost nanovláknenných vrstev	24
3. PRŮMYSLOVÉ APLIKACE VZDUCHOVÝCH FILTRŮ	25
3.1 Přehled trhu a definice	26
3.2 Klimatizace	28
3.2.1 Funkce klimatizace	28
3.2.2 Analýza substitučních produktů.....	31
3.2.2.1 Popis produktu.....	31
3.2.3 Analýza trhu klimatizací	33
3.2.3.1 Struktura trhu.....	33
3.2.3.2 Vývoj trhu	33
3.2.3.3 Potenciální zákazníci	33

3.2.3.4	Distribuční kanály	34
3.3	Ventilace, odsávání (dust collectors)	35
3.3.1	Zdroje a základní charakteristiky prachu	35
3.3.2	Účinky prachu na lidský organismus	35
3.3.3	Pracovní ovzduší a příslušná legislativa	36
3.3.4	Analýza substitučních produktů	37
3.3.4.1	Popis produktu	37
3.3.5	Analýza trhu	39
3.3.5.1	Struktura trhu	39
3.3.5.2	Vývoj trhu	39
3.3.5.3	Potenciální zákazníci	40
3.3.5.4	Distribuční kanály	40
3.4	Clean rooms	40
3.4.1	Analýza substitučních produktů	43
3.4.1.1	Popis produktu	43
3.4.2	Analýza trhu	44
3.4.2.1	Struktura trhu	44
3.4.2.2	Vývoj trhu	45
3.4.2.3	Potenciální zákazníci	45
3.4.2.4	Distribuční kanály	46
3.5	Lakovny	46
3.5.1	Analýza substitučních produktů	47
3.5.2	Analýza trhu	50
3.5.2.1	Struktura trhu	50
3.5.2.2	Potenciální zákazníci	51
3.5.2.3	Distribuční kanály	51
3.6	Dřevozpracující průmysl	51
3.6.1	Působení dřevného prachu na člověka	52
3.6.2	Analýza substitučních produktů	53
3.6.2.1	Popis produktu	54
3.6.3	Analýza trhu	54

3.6.3.1	Struktura trhu.....	54
3.6.3.2	Potenciální zákazníci	55
3.6.3.3	Distribuční kanály	55
3.7	Zpracovávání kovů.....	55
3.7.1	Analýza substitučních produktů.....	59
3.7.1.1	Popis produktu.....	59
3.7.2	Analýza trhu.....	60
3.7.2.1	Struktura trhu.....	60
3.7.2.2	Vývoj trhu	60
3.7.2.3	Potenciální zákazníci	60
3.7.2.4	Distribuční kanály	60
3.8	Plynové turbíny	61
3.8.1	Analýza substitučních produktů.....	63
3.8.1.1	Popis produktu.....	63
3.8.2	Analýza trhu.....	64
3.8.2.1	Struktura trhu.....	64
3.8.2.2	Vývoj trhu	65
3.8.2.3	Potenciální zákazníci	65
3.8.2.4	Distribuční kanály	65
4.	ZHODNOCENÍ ANALÝZY TRHU PRŮMYSLOVÉ FILTRACE	66
5.	TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	68
6.	DISKUZE VÝSLEDKŮ.....	75
7.	PŘÍLEŽITOSTI A PŘEKÁŽKY ZAVEDENÍ INOVATIVNÍHO PRODUKTU NA TRH.....	76
7.1	Odhad časového horizontu pro zavedení inovativního produktu na trh	76
	ZÁVĚR	78
	Použitá literatura	79

ÚVOD

O výrobu nanovláken se vědci pokoušeli již v období druhé světové války. Už tehdy se vědělo, že jsou nanovlákná (vlákna o průměru menším než 1 μm) nositeli vlastností, které je možné využít v nejrůznějších odvětvích od medicíny až po průmysl. Největší „boom“ v této oblasti zaznamenal výzkum prof. Oldřicha Jirsáka na Technické Univerzitě v Liberci, když vyvinul historicky první zařízení pro průmyslovou výrobu nanovláken. Krátce na to, začala univerzita spolupracovat s firmou Elmarco, s.r.o. a společně se tak podílet na dalším vývoji zařízení a výzkumu nanovláken. Firma se výrobu a použití nanovláken snaží prosadit v co nejširší výrobní sféře. Díky tomu mohla vzniknout tato diplomová práce.

Práce se zabývá vzduchovou filtrací v průmyslu a uplatněním nanovláken v tomto odvětví. Ve vzduchové filtraci mají nanovlákná tento přínos:

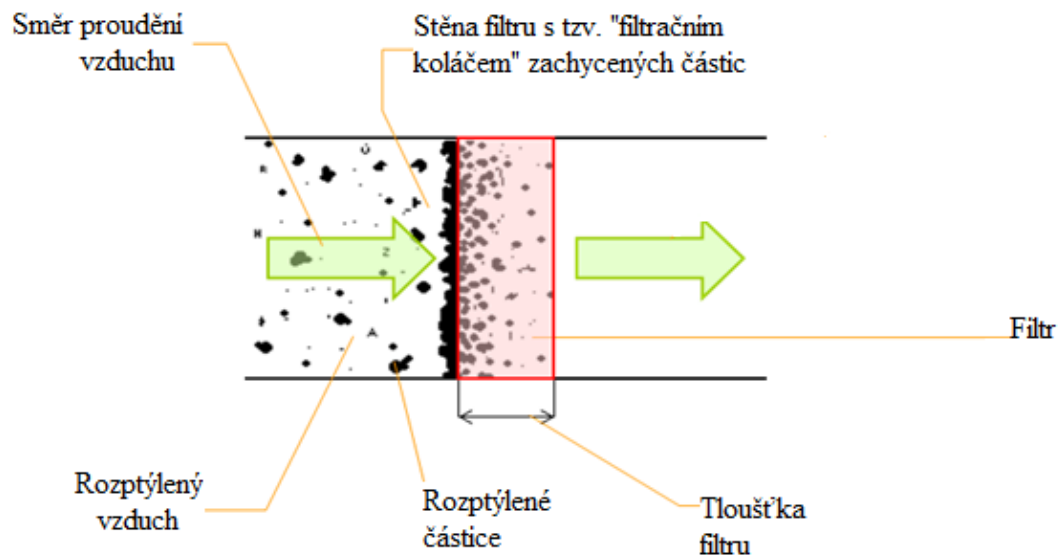
1. Mnohonásobně zvyšují účinnost filtru (zachycují i sebemenší částičky – bakterie a viry)
2. Prodlužují životnost filtru (díky povrchovému zanášení)
3. Snižují tlakový spád (úspora energie)

Účelem této práce je zanalyzovat současný trh průmyslové vzduchové filtrace a zhodnotit, zda je průmyslová výroba filtrů s nanovláknennou vrstvou realizovatelná.

První část popisuje typy filtrů a filtrací, které se v průmyslu využívají. Dále pak teorii nanovláken, a jejich přínos ve vzduchové filtraci. Další část je zaměřena na analýzu trhu a podrobný popis důležitých segmentů, ve kterých se vzduchová filtrace využívá. V závěrečné části je provedeno srovnání důležitých parametrů z předchozích analýz, na jejichž základě je vybrán segment, který se považuje jako nejvhodnější pro uplatnění filtrů s nanovláknennou vrstvou. Na tento výsledný segment je poté aplikována technologicko-ekonomická analýza, díky které je odhadnuto, zda je průmyslová výroba těchto inovovaných filtrů realizovatelná.

1. FILTRACE

Filtrace je metoda dělení pevné látky od kapaliny či plynu na porézní přepážce – filtru. Tekutina (suspenze) filtrem protéká, zatímco pevné částice filtr zachycuje. [1]
Schéma filtrace je vidět na obr. 1.



Obr.1 Schéma filtrace [2]

1.1 Rozdělení filtrace

Filtraci můžeme rozdělovat dle nejrůznějších hledisek, nejčastěji však:

- vzdušná (plynná) filtrace - plošná
 - hloubková
- kapalinová filtrace

- dle velikosti filtrovaných částic [2]

Makro filtrace o velikosti částic dp : $10^{-6} \text{ m} < dp$

Mikro filtrace $10^{-7} < dp < 10^{-6}$

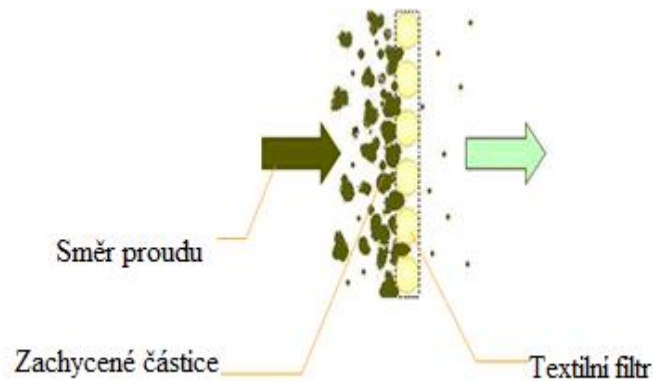
Ultra filtrace $10^{-8} < dp < 10^{-7}$

Nano filtrace $10^{-9} < dp < 10^{-8}$

Reverzní osmóza $dp < 10^{-9}$

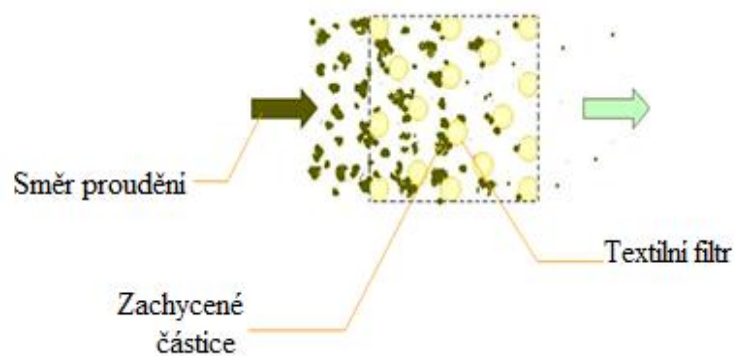
1.2 Filtrace vzduchu

1. plošná - tento způsob se řadí mezi nejjednodušší způsoby filtrování. Všechny částice, které jsou větší než póry, jsou zachyceny na rovném povrchu filtru, viz obr. 2. Velikost zachycených částic tedy závisí na velikosti pórů. [2]



Obr.2 Schéma plošné filtrace [2]

2. Hlubková – hloubková filtrace je schopna zachytit až 99% částic, i ty, které jsou příliš malé, aby se zachytily pomocí plošné filtrace. Částice, které jsou menší, než je vzdálenost mezi vlákny pronikají do struktury vlákna – tedy se zachycují uvnitř filtru, ne jen na jeho povrchu viz obr. 3. Tloušťka filtru bývá mnohem větší než u povrchové filtrace. [2]

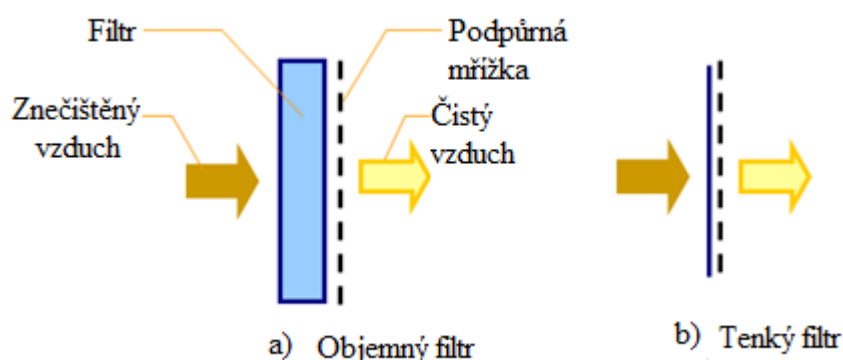


Obr.3 Schéma hloubkové filtrace [2]

1.3 Typy filtrů na základě jejich tvaru

A) **Plochý:** tento typ filtru má tvar desky, viz obr. 4 a to buď bez rámu (pro větší velikost) nebo s pevným rámem. Jsou rozděleny na dvě varianty: objemné filtry - tepelně nebo chemicky pojené netkané textilie atd., tenké filtry – tkaniny a pleteniny, spunbond (spočívá v přímém zvlákňování polymerních granulátů na nekonečná vlákna, z nichž následně vzniká plošná netkaná textilie), meltblown (vlákna jsou nedefinované délky, náhodně orientovaná, jejich průměr kolísá po délce, pro textilií je také charakteristická nižší pevnost v tahu a odolnost proti oděru), atd. Používá se nejčastěji jako tzv. předfiltr, kde je následně použit kvalitní filtr.

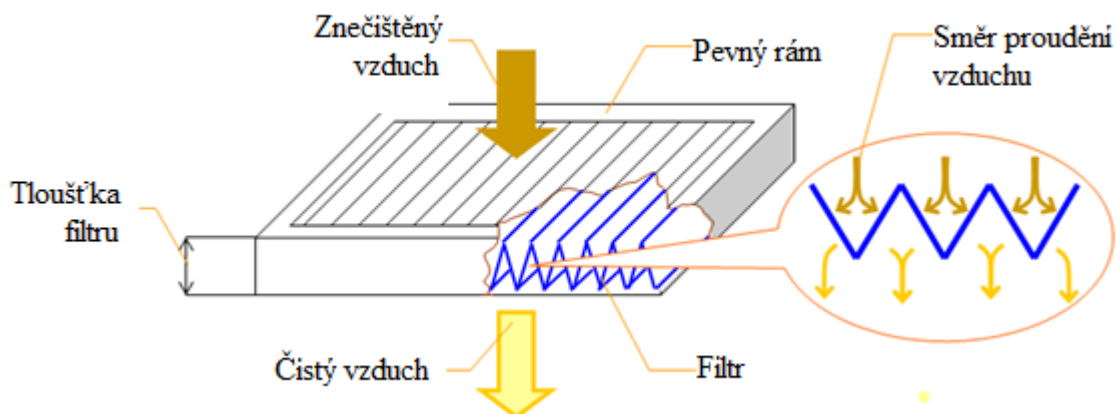
Použití: čističky vzduchu, filtry pro vysavače, kabinové filtry do aut, digestoře a jako předfiltry pro většinu systémů ventilace vzduchu. [2] [69]



Obr. 4 Schéma plochého filtru [2]

B) **Skládaný:** je vhodný jako vysoce účinný filtr. Plísé efekt, viz obr. 5, vede k větší ploše filtru a následně tím snižuje pokles tlaku. Tloušťka filtru bývá většinou od 1 do 3 cm. Je možné použít většinu plochých materiálů, kde se jejich tuhost a tažnost blíží vlastnostem papíru.

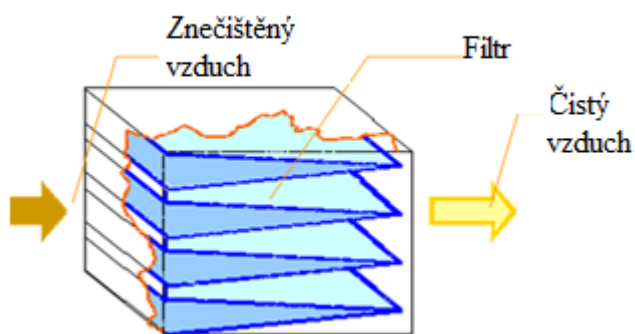
Použití: jako předfiltry, HEPA filtry, letecké systémy ventilace a klimatizace, automatické filtry vzduchu v kabině, většina průmyslových aplikací, respirátory atd. [2]



Obr. 5 Schéma skládaného filtru [2]

C) **Kapsový:** princip těchto filtrů je obdobný jako u skládaných, viz obr. 6. Obecně je možné použít téměř všechny textilie (zde už „papírové“ vlastnosti nejsou nutné).

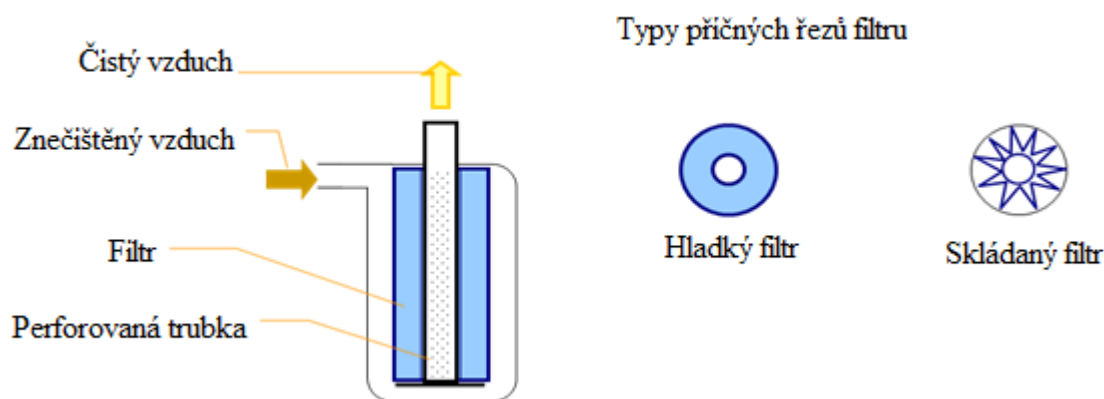
Použití: pro průmyslové aplikace, v klimatizačních jednotkách atd. [2]



Obr. 6 Schéma kapsového filtru [2]

D) **Svíčkový:** principem je zde perforovaná trubka, která je „obalena“ některým z typů filtrů např. objemným, skládaným či plochým, viz obr. 7. Výhodou je malý rozměr filtru s ohledem na působící povrch.

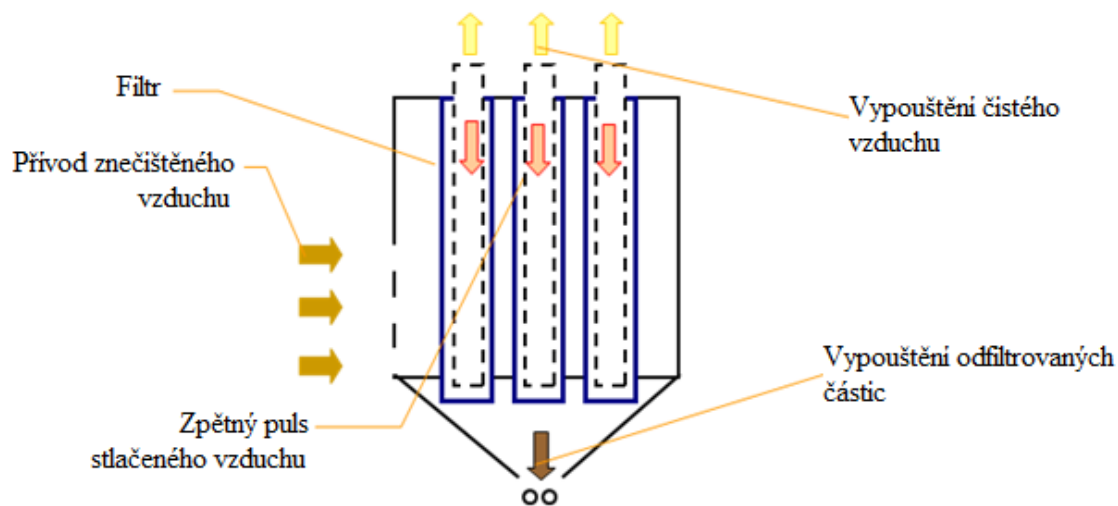
Použití: většina filtrů uvnitř aut, průmyslové aplikace, velmi často se využívá pro filtraci kapalin, atd. [2]



Obr. 7 Schéma svíčkového filtru [2]

E) **Hadicové:** tyto filtry jsou nasunuty na kovovou konstrukci, kde je nasáván znečištěný vzduch a vypouštěn čistý. Schéma filtru je vidět na obr. 8. Filtry jsou následně čištěny krátkým (0,1 – 1 s) vzplanutím stlačeného vzduchu pohybujícího se v opačném směru.

Použití: průmyslové aplikace: chemické obrábění, spalování atd. [2]



Obr. 8 Schéma hadicového filtru [2]

1.4 Materiály používané k výrobě vzduchových filtrů

Na výrobu vzduchových filtrů se využívá celá řada speciálních filtračních médií ze syntetických, přírodních i skelných vláken.

a) **Polyuretan** – tento materiál je vysoce odolný proti vlhkosti a je plně regenerovatelný. Struktura tohoto média je odolná proti namáhání, umožňuje mimořádně vysoké náběhové rychlosti při nízkých tlakových ztrátách.

Použití: Nasazuje se jako předfiltr nebo 1. stupeň filtrace do klimatizačních a větracích jednotek.

b) **Přírodní latexová vlákna** - pro filtrace hrubých prachových částic

Použití: Používá se především v potravinářství a lékařství.

c) **Syntetická vlákna** – skládají se z neuspořádaně poskládaných netkaných zkroucených syntetických vláken rozdílné tloušťky, která jsou zpevněna umělým pojivem (nebo termicky) do pevného a stabilního filtračního rohu

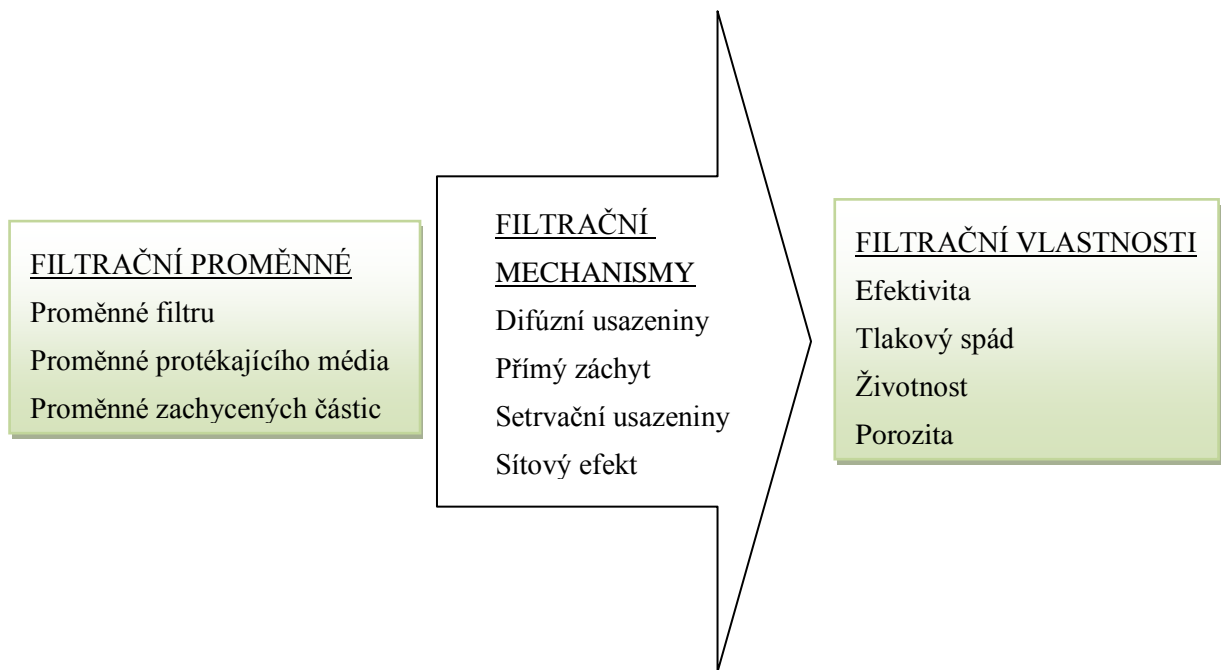
d) **Skelná vlákna** - z těchto vláken se vyrábí celá řada různých filtračních médií.

e) **Recyklovaný papír** - Ochranný filtr pro zachyt kapek barvy při stříkání. Otvary v přední stěně jsou umístěny asymetricky oproti otvorům ve stěně zadní. Při průchodu vzduchu filtrem dochází ke změně jeho proudění ve všech třech osách. V zadní stěně tvořené hlubšími záhyby tvaru V vznikají kapsy, ve kterých se zachycují oddělené kapalně částice.

Použití: Jsou nasazovány samostatně nebo jako předfiltr u vícestupňových filtračních systémů na odtazích v lakovnách. [3]

1.5 Parametry a užité vlastnosti filtrace

Je snadné říci „co je to filtrace“, ale už těžší je popsat vztahy mezi vlastnostmi filtrů a jejich hlavními proměnnými, které ovlivňují celý proces filtrace. [2]



Obr. 14 Filtrační proces [2]

1.5.1 Filtrační vlastnosti

- **EFEKTIVITA** - vyjadřuje množství částic, které je filtrem zachycené. V průběhu filtrace se efektivita v důsledku zanášení filtru zmenšuje [2]

$$E = \left(1 - \frac{G_1}{G_2}\right) * 100 [\%] \quad (1)$$

kde: G_1množství částic, které nebyly zachyceny
 G_2celkové množství částic

- **TLAKOVÝ SPÁD** – je definován jako rozdíl mezi tlakem před a za filtrem [2]

$$\Delta p = p_1 - p_2 [Pa] \quad (2)$$

- ŽIVOTNOST FILTRU – určuje čas, po který bude filtr použitelný a nebude ucpaný, pro jednorázové filtry je dána množstvím prachu, které je schopen pojmout do chvíle, kdy je tlaková ztráta příliš vysoká [2]
Pro filtry s čištěním dáno intervaly mezi čištěním a jejich počtem.
- PRODYŠNOST – je schopnost filtru umožnit průchod vzduchu [2]

$$Prodyšnost = \frac{Q}{S} [m/s] \quad (3)$$

kde: Q.....průtok vzduchu v m³/s
S.....testovaná plocha v m²

- POROZITA – vyjadřuje procentuální množství pórů ve filtru, velmi důležitá je u plošných filtrů [2]
- ODOLNOST VŮČI VNĚJŠÍM VLIVŮM
 - mechanická
 - chemická
 - teplotní
 - kombinace předchozích [2]

1.5.2 Hlavní parametry filtrace

1. Parametry filtračního materiálu

- plocha filtru
- tloušťka filtru
- plošná a objemová hmotnost filtru
- stejnoměrnost materiálu
- materiál a jeho parametry: objemová hmotnost, elektrická vodivost, odolnost vůči negativním vlivům
- parametry vláken: průměr, tvar, jemnost, orientace v prostoru

2. Parametry filtrovaných částic

- velikost nezachycených částic
- koncentrace částic
- tvar a povrch částic

- objemová hmotnost částic (nejhůře jsou zachycovány částice o rozměru 0,1 – 0,4 μm)
- elektrické vlastnosti

3. Parametry procesu filtrace

- rychlost náletu částic na filtr
- viskozita protékajícího média
- provozní podmínky (teplota, tlak, vlhkost, ...)

1.5.3 Metody testování filtračních vlastností

Testovány jsou vlastnosti, jako je efektivita, pokles tlaku, životnost filtru atd. Vlastnosti jsou testovány jak na počátku, tak i v průběhu filtračního procesu. Jednotlivé metody se od sebe liší např. velikostí filtrovaných částic, jejich koncentrací atd.

1) Metoda syntetického prachu

Prach je směs připravená z anorganických rozpuštěných (a organických) částic. Nejznámější je ASHRAE prach, který má podobné parametry jako prach v okolí silnice Arizony. Používá se pro hrubé filtry. Je možné testovat změny vlastností v průběhu filtrace a životnost filtru. Prach se měří metodou vážení. Tato metoda je velmi populární a snadno se používá.

2) Metoda atmosférického prachu

Okolní atmosférický vzduch prochází jednotkou. Vzorky jsou testovány jak na vstupu, tak na výstupu, aby se na závěr vyhodnotila jejich efektivita výběru na suspendované prachové části v ovzduší. Tento test je již nahrazen DEHS aerosolovou metodou, protože složení atmosférického vzduchu se mění.

3) Metoda olejových aerosolů

Jako testovací látka se používá aerosol z kapaliny olejové látky. Nejznámější jsou: dioctylphthalate (DOP), diethylhexylsebacate (DEHS) a petrolej. Jsou známy dva typy olejových aerosolů: studené a teplé. Je-li olej rozptýlen a vysušen v chladných podmínkách okolí, pak je velikost částic širší. Pokud je olej rozptýlen a vysušen naopak v horkých podmínkách okolí pak je možné získat monodisperzi částic (0,1 – 0,3 μm). Částice jsou poté analyzovány laserovými

částicemi nebo spektrofotometrickou metodou. Je možné zjistit efektivitu vybraných velikostí částic (kromě parafinového oleje). Tato metoda se používá pro jemné a vysoce účinné filtry - HEPA (vysoká účinnost vzduchového filtru) a ULPA (ultra nízká penetrace vzduchového filtru) filtry.

4) Metoda NaCl

Roztok chloridu sodného je rozptýlen a vysušen. Tyto polydisperzní částice mají střední velikost $0,65\mu\text{m}$ a jejich proniknutí filtrem analyzuje spektrofotometer. Tato metoda je vhodná pro rychlý test vysoce účinných filtrů (hlavně respirátorů).

5) Test pomocí modrého methylenu

Roztok modrého methylenu je rozptýlen a vysušen. Částice jsou poté analyzovány porovnáním s modrou barvou intenzity proti proudu a po proudu filtru. Tato metoda je také vhodná pro vysoce účinné filtry. [2]

1.6 Typy filtrů v závislosti na jejich filtrační účinnosti

Filtry jsou rozděleny dle evropských standardů EN 1822 (1998) a EN 779 (2002)

Typy filtrů jsou uvedeny v tab. 1.

Typ filtru	Třída filtru	Test standard, zkušební metody	Účinnost [%]
Hrubý filtr	G1	EN 779, Syntetický prach	až 65
	G2		65 - 80
	G3		80 - 90
	G4		přes 90
Jemný filtr	F5	EN 779, DEHS aerosol (0,4μm)	40 – 60
	F6		60 – 80
	F7		80 - 90
	F8		90 - 95
	F9		přes 95
HEPA filtr	H10	EN 1822-1:1998, Kapalné aerosolové částice s definovanou velikostí rozdělení (DEHS, DOP, Parafinový olej)	přes 85
	H11		přes 95
	H12		přes 99,5
	H13		Přes 99,95
	H14		Přes 99,995
ULPA filtr	U15		Přes 99,9995
	U16		Přes 99,99995
	U17		Přes 99,999995

Tab. 1 Typy filtrů dle evropských standardů [2]

2. NANOVLÁKNA VE FILTRACI

2.1 Definice nanovlákn

Vlákno o průměru v rozsahu nanometrů. Jeho průměr je tedy menší než 1 μm (1/1000 lidského vlasu). [5]

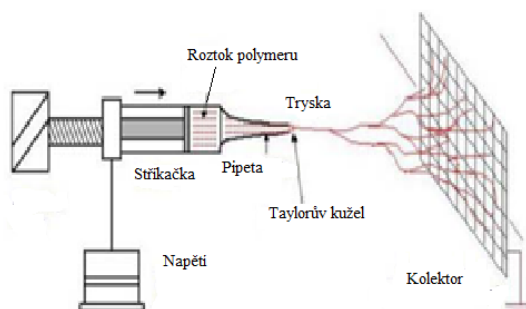
Nanovlákná nejsou viditelná pouhým okem ba ani dokonce normálními mikroskopy, jelikož je jejich průměr menší než vlnová délka světla. Jejich zobrazování a fotografování je možné pouze pomocí tzv. elektronových mikroskopů.

Mezi největší přednosti nanovláken patří:

- velký měrný povrch
- vysoká pórovitost a malá velikost průduchu
- nanovláknenný průměr: 80 - 500 nm
- plošná váha: 0,01 - 10 g/m²
- transparentnost
- vynikající mechanické vlastnosti ve vztahu k jejich hmotnosti

2.2 Způsob výroby nanovláken

Nanovlákná jsme schopni vyrobit mnoha způsoby. Pro průmyslovou výrobu je však nejpoužitelnější metoda elektrospinning. Zjednodušeně je to proces, který využívá elektrostatické síly k vytvoření jemného vlákna z roztoku polymeru, viz obr. 15.



Obr. 15 Princip elektrospinningu

Tato technologie byla vyvinuta na fakultě textilní na TU v Liberci. Ve spolupráci s českou firmou Elmarco s.r.o. bylo vyrobeno zařízení „NANOSPIDER“, které právě využívá této technologie a je schopné produkovat nanovlákná na průmyslové úrovni.

Základním prvkem stroje jsou dvě elektrody, mezi nimiž existuje elektrostatické pole. Spodní elektroda má tvar válce, který je ponořen do roztoku polymeru. Válec se otáčí a vynáší tenkou vrstvu roztoku do elektrostatického pole, které z roztoku vytáhne dlouhá vlákna, až ke druhé elektrodě viz obr. 16. Zde vlákna narazí na podkladovou textilií, na které jsou vynášena ven ze stroje. Je to tedy velice jednoduchý princip –

pomocí elektrostatických sil se vlákno vydlouží na podklad. Klíčové jsou vlastnosti polymerů, řada parametrů jako jejich vodivost nebo viskozita musí být nastavena tak, aby proces výroby nanovláken fungoval. [6]



Obr. 16 Tvorba nanovláken [7]

2.3 Hlavní výhody nanovláken ve filtraci a výrobního zařízení

- hlavní výhodou tohoto zařízení je jeho mechanickou jednoduchost
- pracovní šířka může být až do 1,6m, stejnoměrná rychlost a doba provozuschopnosti dosahuje až 89%
- Možnost použít široké spektrum polymerů
- Použití různých základů (substrátů) materiálů, mnohé byly předtím považovány pro electrospinning nevhodné
- Nanovláknenné vrstvy s různou hmotností i objemem
- Snadná údržba a energicky efektivní výroba
- Vynikající jednotnost nanovrstev
- Řízený průměr nanovláken

V dnešní době je nejrozšířenější využívání nanovláken právě ve vzduchové filtraci. Nanovláknena mnohonásobně zvyšují účinnost filtrace především díky svému nízkému průměru, nízké hmotnosti a vysoké pórovitosti. Dnes již dokážou filtrovat i částičky tak malé jako jsou nebezpečné bakterie, viry i např. tabákový kouř. V současnosti se stále více potýkáme s potřebou absolutně „čistého“ ovzduší jak na pracovištích tak všude kolem nás, a proto má jejich aplikace ve vzduchových filtrech širokou budoucnost.

Budoucnost v uplatnění mají také v kabinových vzduchových filtrech. Kabinové filtrační systémy chrání jak řidiče tak cestující proti proudu vzduchu, který může obsahovat různé znečišťující látky jako je prach, bakterie, viry, plísně atd. Potřeba ochrany se samozřejmě liší pro různé typy vozidel a tím i v různých nárocích na účinnost filtrace. Např. pro zemědělské stroje budou nároky na filtry určité větší než u osobních automobilů.

Nanovlákná způsobují rychlé povrchové zanesení, které pomalu ucpává póry a tím zvyšuje životnost filtru až na dvojnásobek či více. Dalším výsledkem při použití těchto filtrů jsou nižší náklady na energii díky nízkému poklesu tlaku a méně časté čištění než u „klasických“ filtrů.

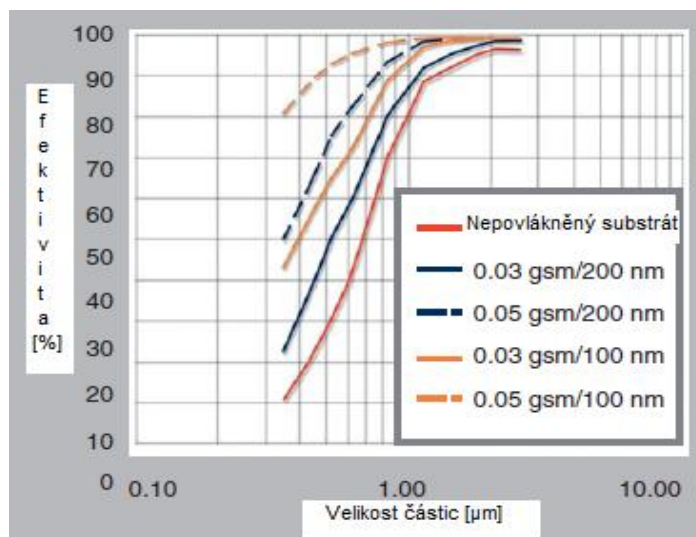
Také díky větší účinnosti filtrů se snižují prostoje zařízení (čas kdy se musí stroje čistit, výměna filtrů, jejich čištění atd.).

V závislosti na požadavcích konečného výrobku a výrobního procesu mohou být vlastnosti nanovláknenných vrstev přizpůsobeny těmto potřebám. Kromě výběru podkladu a polymeru můžeme i průměr vlákna a jeho plošnou hmotnost upravit tak, aby se optimalizoval výkon filtrace.

2.4 Testy dokazující účinnost nanovláknenných vrstev

Všechny uvedené testy byly prováděny v laboratořích firmy Elmarco, s.r.o. Nanovláknenná vrstva byla nanášena na standardní celulózní substrát.

První test dokazuje vliv plošné hmotnosti nanovláknenné vrstvy a průměru nanovláken na účinnost filtrace. Byly testovány nanovlákná o 200nm a 100nm a o plošné hmotnosti 0,03 a 0,05 gsm. Tyto nanovrstvy jsou typickými pro použití ve vzduchové filtraci. Výsledek testu je znázorněn v grafu 1. Z grafu vyplývá, že účinnost se zvýšila až 2x při zvýšení plošné hmotnosti nanovláknenné vrstvy. Podobné zlepšení je vidět i u modré linie. [72]



Graf 1 Vliv nanovláknenné vrstvy na účinnost filtrace [72]

3. PRŮMYSLOVÉ APLIKACE VZDUCHOVÝCH FILTRŮ

V dnešní době, kdy stále klademe větší a větší důraz na čistotu vzduchu kolem nás a vlastně celého okolí ve kterém žijeme, využíváme stále více různých druhů vzduchové filtrace. Dříve, v 90. letech, se za nejúčinnější považovaly filtry ze skleněných nebo polyesterových mikrovláken. Ve srovnání s dnešními filtry nebyly moc efektivní, ale v té době běžně používané ač velmi drahé. Od doby, kdy společnost 3M COMPANY přišla na trh s jedním z prvních vysoce efektivních filtrů, šel vývoj velmi rychle kupředu.

Za největší „boom“ posledních pár let se v souvislosti s filtrací považuje využívání nanovláken. To ovšem neznamená, že by se na „dříve“ používaná media, jako jsou spun bond materiály (spočívá v přímém zvláknování polymerních granulátů na nekonečná vlákna, z nichž následně vzniká plošná netkaná textilie [69]), skleněná mikrovláknata atd., zapomnělo. Stále jsou využívána především jako tzv. předfiltry již zmíněných vysoce účinných filtrů.

Díky nanovláknům a různým nanovláknenným filtračním membránám jsou filtry schopny zachytit daleko více než jen hmotné částičky jako písek, prach atd. Vysoce účinné filtry odfiltrují ze vzduchu kouř, smog ba dokonce i bakterie a viry o velikosti řádově 1000-15 nm. Filtry tak dosahují účinnosti až 99,99995% . Současný vývoj předpokládá, že budou na prvním místě při používání v kritických průmyslových aplikacích, jako jsou elektronický průmysl, jaderné aplikace, nemocnice atd. [8]

Vzduchové filtrace se využívá v mnoha nejrůznějších průmyslových odvětvích. V této diplomové práci bude analyzována jen část segmentů, z celkového trhu průmyslové filtrace viz tab. 2. Analýza jednotlivých aplikací bude zpracovávána v následujících podkapitolách. Po jejich analýze bude v závěrečné části vybrána aplikace, potenciálně nejvýhodnější pro využívání nanovláken.

Aplikace zpracovávané v této diplomové práci
KLIMATIZACE
VENTILACE, ODSÁVÁNÍ
HEPA, ULPA filtrace – tzv. čisté prostory
FILTRY PRO LAKOVNY
DŘEVOZPRAC.PRŮMYSL
ZPRACOVÁVÁNÍ KOVŮ
PLYNOVÉ TURBÍNY

Tab. 2 Aplikace průmyslové filtrace

3.1 Přehled trhu a definice

Tato analýza představuje trh průmyslové vzduchové filtrace. Na trhu je celá škála zařízení pro filtraci vzduchu a průmysloví odběratelé si mohou zakoupit filtr, který nejlépe vyhovuje jejich požadavkům.

Trh průmyslových vzduchových filtrů zabezpečuje celá řada společností rozšířená po celých spojených státech s pobočkami po celém světě. Trh se skládá z velkých a zavedených účastníků až ke středním a malým firmám. Mezi společnostmi panuje silná konkurence, aby získali podíl na trhu.

Za účelem udržet si své zákazníky a podíl na trhu, ceny vzduchových filtrů klesají. Díky zvýšenému povědomí o nutnosti zlepšení kvality vzduchu v uzavřených prostorách a nutnost kontroly znečištění ovzduší na pracovišti trh AF (Air Filtration) neustále roste. Nicméně je pravděpodobné, že růst tohoto trhu může být zpomalován

v důsledku klesající nové stavební činnosti v USA a krizi, která zastavila veškeré větší investice po celém světě.

KONKURENČNÍ ANALÝZA

Trh vzduchové filtrace se skládá z několika úrovní hospodářské soutěže. Mezi největší účastníky světového trhu, kteří měli významné úspěchy v tomto odvětví, jistě patří společnosti jako Donaldson, American Air Filter, Inc. And Flanders, Camfil Farr aj. Kromě toho existuje mnoho středně-velkých firem, například Ducon, Mac Equipment, Flex - Kleen aj. Mezi poslední účastníky patří mnoho malých firem, které se soustředí na specifické segmenty, jako na menší část svých obchodů. Ve snaze bojovat proti rostoucí konkurenci se mnoho společností ubírá cestou konsolidace – tedy ke strategii získávání menších účastníků. Úspěch je do značné míry ovlivněn značkou a cenou.

ZHODNOCENÍ

Celosvětový trh vzduchové filtrace zaznamenává velmi malé pokroky v technologii. Výsledkem je, že společnosti musí velmi snižovat náklady a ceny aby se odlišovali a získali tak výhodné postavení na trhu. Díky tomu se také očekává rostoucí konsolidace na trhu. Společnosti si musí uvědomit, že v zájmu přežití před silnou konkurencí, budou muset vyrábět produkty, které se budou výrazně odlišovat od produktů ostatních účastníků. Tento fakt by mohl výrazně přispět ke vstupu nanovlákněných filtrů na trh průmyslové vzduchové filtrace.

3.2 Klimatizace

Klimatizace je zařízení pro úpravu vzduchu v celých budovách či jednotlivých místnostech. Pracuje tak, že nasává venkovní vzduch (minimálně musí přivádět 10% čerstvého vzduchu), který filtruje, upravuje teplotu, vlhkost na požadované hodnoty a pomocí ventilátorů je dopravuje na příslušná místa.

V našich podmínkách se klimatizace používá především pro průmyslové účely, v chirurgických sálech, inkubátorech, v laboratořích, ve výpočetních střediscích a v dnešní době i ve velkých nákupních centrech. Velká klimatizační zařízení používají k odjímání tepla cirkulující vodu. Klimatizace automaticky udržuje stálé podmínky (především teplotu) bez ohledu na venkovní prostředí.

Průmyslová (technologická) klimatizace je většinou součástí technologického zařízení. Má vliv na kvalitu výroby, snižování výrobních nákladů nebo přímo podmiňuje funkci strojního parku. Může plnit i funkci zdravotně hygienickou. [9]

3.2.1 Funkce klimatizace

Moderní klimatizace jsou multifunkční zařízení, které Vám vzduch nejen ochlazuje, ale i ohřívají, ionizují, zvlhčují či odvlhčují a dokonce i čistí. A to vše za velice výhodných ekonomických podmínek s ohledem na životní prostředí a ekologii.

Režim ochlazování

Klimatizace je zařízení, které ochlazuje vzduch v uzavřených prostorech s cílem dosáhnout komfortní teploty. Jednoduše řečeno, klimatizace odebírá teplo z vnitřního prostoru a odevzdává jej do vnějšího prostředí podobně jako například chladnička.

Režim ohřevu

Klimatizace dokáže vzduch nejen chladit, ale i ohřívát. Pomocí tepelného čerpadla, které využívá teploty okolí a dokáže ho zužítkovat pro ohřev vzduchu v místnosti. Funkci topení je ideální využívat v období, kdy se venkovní teplota pohybuje nad 0°C, ideálně při 7°C. Při těchto podmínkách dokáže klimatizace z 1 kW elektrické energie vyrobit až 5 kW energie tepelné. Jinými slovy, klimatizace ohřeje vzduch až o 60% levněji než běžné vytápění elektřinou nebo plynem.

Režim čištění vzduchu

Vzduch v běžné místnosti obsahuje organické i neorganické částice, které ohrožují naše zdraví. Od původců nemocí jako plísně, bakterie nebo viry přes nepatrné částice jako pyly a prach. Součástí moderních klimatizačních jednotek jsou i vysoce účinné systémy filtrování, které ze vzduchu dokážou odstranit až 99 % všech nečistot a škodlivin, stejně jako zvířecí srst, nepříjemné pachy a cigaretový kouř.

Režim ionizace vzduchu

Anionty, ve vzduchu obsažené záporné částice, mají velmi příznivý vliv na naše zdraví, jelikož podporují látkovou výměnu a pomáhají odbourávat stres. Znečištění životního prostředí však způsobuje, že ve vzduchu je záporných iontů nedostatek. Moderní klimatizace jsou vybaveny i ionizátorem vzduchu, který dokáže doplnit anionty na úroveň, která odpovídá vzduchu v okolí vodopádů nebo v hlubokém lese.

Režim přívodu čerstvého vzduchu

Vydýchaný vzduch v uzavřených prostorech je častou příčinou únavy, ospalosti a nesoustředěnosti. Lepší modely klimatizací se proto starají i o přísávání čerstvého vzduchu z venkovního prostředí. Vzduch je samozřejmě před vpuštěním do místnosti zbaven nečistot a škodlivin.

Režim odvlhčování vzduchu

Optimální vlhkost vzduchu je 40 – 50%, maximálně však 60%. Vyšší vlhkost zvyšuje pravděpodobnost vzniku škodlivých plísní a zvyšuje možnost výskytu roztočů. Klimatizace automaticky udržuje ideální vlhkost vzduchu tím, že nadměrnou vlhkost odebírá a upravuje tak vzduch do podoby, která prospívá nejen Vašemu zdraví, ale i vybavení Vaší domácnosti či kanceláře.

Režim šetrnosti a úspory

Moderní klimatizace využívají invertovou technologii (nejmodernější technologie získávání nízkoteplotní energie venkovního vzduchu), díky které poskytují jen takový chladicí výkon, jaký je aktuálně potřeba. Výsledkem je nejen nízká spotřeba energie, ale i menší zatížení a tedy delší životnost klimatizace. [10]

Vedle nejdůležitějších funkcí, ochlazování a přitápění, umí klimatizace také vzduch v klimatizované místnosti zkvalitnit. Vhodným využitím předfiltru a kombinací

různých druhů filtrů dochází k odstranění nejen pevných nečistot, ale také škodlivých bakterií a alergenů. Takovým systémem může být např. NEO-PLASMA - systém pro čištění vzduchu, viz obr. 17.



Obr. 17 NEO-PLASMA - systém pro čištění vzduchu [11]

1. stupeň předfiltrace

Antibakteriální předfiltr vzduchu nejprve odstraní velké částice prachu, spór plísní a textilní vlákna.

2. Nano-karbonový filtr

Filtr s aktivním uhlím vyrobený nanotechnologickým postupem je schopen zachytit i velmi jemné pachové částice a zcela odstranit pachy z provozu domácností, čímž zajišťuje příjemné prostředí.

3. Trojitá filtrace

Trojité filtry se sestávají z různých filtrů z organických materiálů, které odstraňují ze vzduchu organické látky. Systém obsahuje i filtr pro zachycování formaldehydu, který může mít za následek bolesti hlavy, podráždění sliznic či respirační problémy.

Tím se předchází vzniku symptomatických potíží v podobě dermatitidy (zánětů pokožky), zvracení či zánětů plic. Poslední ze tří jmenovaných filtrů pak odstraňuje běžné organické pachy, často způsobující migrény a chronickou únavu.

4. Plazmový filtr

Plazma filtr je jedinečný systém pro čištění vyvinutý společností LG, který nejenže odstraňuje mikroskopické nečistoty a prachy, ale i roztoče, pyly a chlupy z domácích zvířat, čímž se předchází vzniku alergických onemocnění, jako např. astmatu.

5. Reaktivní filtry typu "Nano Biofusion"

Reaktivní filtry typu "nano Biofusion" umožňují nanočásticím bioenzymů pronikat přes buněčné stěny bakterií a alergenů, rozkládat jejich buněčná jádra a likvidovat je. Zatímco konvenčními postupy se pouze deaktivují bakterie, či ničí vnější vrstvy jejich buněčných stěn, tento důmyslný způsob sterilizace rozkládá přímo buněčné jádro bakterií a zcela je tak ničí. [11] [12]

3.2.2 Analýza substitučních produktů

Klimatizační filtry mají za úkol zachytit nežádoucí látky a zajistit tak čistší vzduch v prostorách. V dnešní době je na trhu nepřeberné množství různých produktů, kde jako je možnost vybrat si filtr a klimatizaci vyhovující přímo konkrétním potřebám.

3.2.2.1 Popis produktu

Velikost filtrovaných částic je různorodá, dle toho, k jakému účelu je daná klimatizace využívána. Pokud jen např. pro ochlazení vzduchu, požadavky na účinnost filtru budou jistě nižší, než při potřebě čištění vzduchu od bakterií viz kap. Clean rooms. V této kapitole tedy bude popisován filtr používaný v běžných klimatizacích pro částice o velikosti řádově v mikrometrech. Nejčastěji se využívá kapsových filtrů ze syntetických vláken, méně častěji ze skelných vláken. Pro klimatizace či čističky vzduchu se využívá technologie vysoce účinných skládaných neboli tzv. plisovaných filtrů. Většinou je dodáván v hliníkovém rámu, který zlepšuje sílu filtru a tím i jeho odolnost. Vyrábí se ve standardních velikostech od 10x10x1 až po 25x29x4 cm. Cena nejmenšího filtru se pohybuje 58 dolarů za balení 12ks. Tedy 1 filtr o velikosti 10x10x1 stojí 4,8 dolarů. [13]

Srovnání filtrační tkaniny pro hrubou filtraci a pro filtraci s vyššími nároky je uvedeno v tab. 3.

TECHNICKÁ DATA	TKANINA PRO HRUBOU FILTRACI	TKANINA PRO VYŠŠÍ NÁROKY
OZNAČENÍ	VNF-290(G3)	CT 15-500
Průměrný stupeň separace	86%	91%
Počáteční stupeň působení	< 20%	< 20 %
Rychlost proudění	1,5m/s	1.0 m/s
Jmenovitý průtok vzduchu	5400	3600
Počáteční rozdíl tlaku vzduchu	24 Pa	43 Pa
Konečný rozdíl tlaku vzduchu	250 Pa	250 Pa
Množství zachyceného prachu	620 g/m ²	600 g/m ²
Třída filtru dle EN 779	G3	G4
Teplotní odolnost	do 100°	do 100°
Časově omezená teplotní výše	do 120°	do 120°
Jmenovitá tloušťka	20 mm	20 mm
Relativní vlhkost	do 100%	do 100%
Likvidace po použití	spalování, ekologické skládkování	Spalování, ekologické skládkování

Tab. 3 Srovnání filtračních médií různých účinností [16]

Cena produktů se odvíjí od druhu filtru, řádově ve stovkách až tisících korun. Např. cena filtrační látky Firon se pohybuje cca 250,-/m². [14]

Životnost filtrů se pohybuje v závislosti na charakteru okolního prostředí. Při vysoké koncentraci znečišťujících látek je životnost filtru řádově max. několik měsíců při pravidelném čištění. Životnost lze zvýšit používáním různých před-filtrů. V prostředí s minimální prašností a minimálním zatížením nečistotami se filtr čistí jednou ročně a jeho životnost je řádově několik desítek let. Pravidelným čištěním a výměnou filtrů lze výrazně prodloužit životnost celého klimatizačního systému. Silná vrstva nečistot na filtru může způsobovat jejich uvolňování do celého systému a tím jeho poškození. [15]

Např. výrobce čističek Bionaire doporučuje výměnu filtrů následující:

Označení filtru	Typ filtru	Doporučená výměna	Cena
BAPF22	HEPA filtr	výměna po 6ti měsících	490 Kč s DPH
BAPF220	odstraňovač pachů	výměna po 2-3 měsících	490 Kč s DPH
BAPF30	HEPA+uhlíkový filtr	výměna po 6-9ti měsících	590 Kč s DPH

Tab. 4 Doporučená výměna filtrů [17]

3.2.3 Analýza trhu klimatizací

Světový trh čítá okolo 70 milionů prodaných klimatizačních jednotek-jak obytných tak průmyslových. Tohoto prodeje trh dosáhl v roce 2006. [18]

3.2.3.1 Struktura trhu

Největší část tohoto trhu zaujímá Čína. V r. 2006 zažil i trh ve Spojených státech velký nárůst v prodeji pokojových klimatizací. Prodej se navýšil o celých 11 % na 9 milionů prodaných jednotek oproti roku 2005. V Japonsku to bylo přibližně 7,5 milionu jednotek s nárůstem 0,5 % oproti předchozímu roku 2005. Prodej průmyslových klimatizací dosáhl počtu 800,000 kusů v r. 2006. V r. 2007 tržby na čínském trhu klimatizací dosáhly 28 miliard.

Celková evropská poptávka činila 6,8 milionu jednotek s 10 % nárůstem ve srovnání s r. 2005.

Sedm zemí - Španělsko, Itálie, Turecko, Rusko, Francie, Řecko, a UK - odpovídá asi 81% celkového množství trhu. Nejrychleji-rostoucími trhy jsou Turecko a Rusko. Velikost tureckého trhu v roce 2006 byla asi 1.2 milion jednotek. 2 miliony prodaných jednotek Turecko očekává v r. 2010. [18]

3.2.3.2 Vývoj trhu

Se zvyšující se informovaností o potřebě čistého vzduchu, je možno na tento trh pohlížet jako na trh s rostoucím vývojem. V r. 2007 byl světový trh s klimatizacemi oceněn na 62 miliard USD ve srovnání s 55 miliardami USD v r. 2006.

Čína se stala ve světě největší poptávkou po klimatizaci. Tržní hodnota v Číně a US v r. 2007 byla téměř vyrovnaná, ale již v r. 2008 čínský trh nabýval velkého růstu oproti US. [19]

3.2.3.3 Potenciální zákazníci

Jak již bylo uvedeno, Čína se na tomto trhu stává velmi dominantním hráčem. Proto se předpokládá, že právě čínské společnosti se stanou nejúspěšnějšími. Mezi takové jistě patří:

HAIER - Haier je 4. největší světový výrobce bílého zboží a jeden z čínských Top 100 IT společností. Haier má 240 pomocných společností a 30 center designu, a více než 50,000 zaměstnanců po celém světě. Haier se specializuje na technologický výzkum, průmysl výrobu, obchodní a peněžní služby. V roce 2006 Haier dosáhl příjmu 107,5 miliard USD. [20]

MIDEA – Tato společnost byla založena již v r. 1968 jako výrobce bílého zboží, tedy i klimatizací. Dnes má Midea Group až 100,000 zaměstnanců a vlastní přes deset slavných značek v různém průmyslovém odvětví. Midea udržuje růst 35% ročně. V roce 2007 tržba dosáhla zvýšení o 30% a o 75 miliardách čínské měny Yuan (8,049,373,711 EUR), zatímco vývozy šly nahoru o 40% k 3.12 miliard USD ve srovnání s r. 2006. [21]

GRE – Relativně mladá firma, založena v r. 1991, ale již velmi úspěšná. V roce 2008, jejich roční tržba dosáhla 42.032 miliarda CNY (4,5miliard EUR), zatímco čistý zisk činil 1.967 miliarda CNY (200 mil. EUR). [22]

Mezi další světové výrobce patří: DAIKIN, JCI, TRANE, CARRIER, AIRWELL, WHIRPOOL CORPORATION, LG ELECTRONICS aj.

3.2.3.4 Distribuční kanály

Na tomto trhu se vyskytují zpravidla dvě možnosti distribuce filtrů do klimatizačních zařízení.

Jednou z nich je, že výrobce klimatizací se zároveň zabývá i výrobou filtrů. Tedy je sám výrobcem filtrů. Poté by tedy distribuční kanál byl následovný:

VÝROBCE-UŽIVATEL

Další možností je, že výrobce klimatizací filtrační materiály získává od jiných výrobců filtrů. Poté by do distribučního kanálu přibila jedna cesta, tedy:

VÝROBCE FILTRŮ – VÝROBCE KLIMATIZACÍ – UŽIVATEL

3.3 Ventilace, odsávání (dust collectors)

Prach patří k nejčastějším škodlivinám, se kterými se člověk setkává jak v běžném životě, tak při svých pracovních činnostech. Rozsah škodlivých účinků prachu na člověka je velmi široký, při jejich hodnocení záleží na původu, vlastnostech a velikosti prachu, na jeho koncentraci v ovzduší, i na tom, jak tělo člověka na prach reaguje. Proto jsou určité předpisy pro čistotu nejen pracovního prostředí, ale i vnitřních pobytových prostor.

3.3.1 Zdroje a základní charakteristiky prachu

Prach je tuhá látka, která vzniká lidskou činností při mechanickém zpracování pevných materiálů (dobývání surovin, řezání, broušení, vrtání), při rozmělnovacích procesech (mletí, drcení), ale i bez zásahu, např. rozptýlením částic z neupraveného zemského povrchu vlivem proudění vzduchu.

Velikost prašných částic je 1 až 100 μm , částice větší než 30 μm jsou označovány jako hrubý prach a v prostředí při běžných podmínkách rychle sedimentují, viz obr. 18.

Při tepelných procesech (spalování organických látek) vzniká kouř s částicemi o velikosti 0,01 až 0,5 μm , při chemických procesech (svařování) se uvolňuje dým s částicemi o velikosti 0,1 až 1 μm . V hygienické praxi se pod pojmem prach rozumí veškeré tuhé aerosoly. Látky biologického původu jako jsou pyly, plísně a mikroorganismy, jejichž velikost se pohybuje v rozsahu velikosti částic prachu, se označují jako bioaerosol. [23]



Obr. 18 Částice prachu [23]

3.3.2 Účinky prachu na lidský organismus

Prach můžeme dělit podle různých kritérií, základní dělení je na toxický a netoxický prach. Podle původu získáme skupiny prachu, od kterých se pak odvíjejí

účinky na lidský organismus. Následné dělení prachu podle účinků je v našich předpisech používáno při hodnocení prašnosti v pracovním prostředí. [24]

Z hlediska působení prachu na člověka dělíme prach jako:

- prach s převážně nespecifickým účinkem
- prach s fibrogenním účinkem
- prach s dráždivým účinkem (případně senzibilizujícím účinkem)
- minerální vláknitý prach

Každý organismus může na jednotlivé skupiny prachů reagovat odlišně. Styk pokožky s některými prachy, jako je většina organických prachů, může způsobovat podráždění nebo alergické reakce, zvláště u citlivých osob.

Hlavní a nejčastější cestou, kterou se prach dostává do lidského organismu, jsou dýchací cesty. Hrubé prachové částice jsou zadržovány v horních cestách dýchacích. Ostatní jsou spolknuty, vykašlávány či vykýchány. Větší částice se postupně v dýchacích cestách usazují (horní cesty dýchací zachytí většinu částic větších než 5 μm), menší částice pronikají hlouběji. Se zmenšující se velikostí částic pravděpodobnost průchodu do plicních sklípků stoupá, pro částice velikosti 3 μm je tato pravděpodobnost vyšší než 50 %. Proto jsou ze zdravotního hlediska malé částice prachu nejnebezpečnější. Vdechování prašných částic způsobuje různé zdravotní komplikace (např. chronický zánět průdušek).

Karcinogenní prachy, mohou při vdechnutí dokonce vyvolat nádorová onemocnění u lidí, kteří jsou těmto prachům vystaveni. [25]

3.3.3 Pracovní ovzduší a příslušná legislativa

Většina pracovních činností člověka je spojena s uvolňováním prachu, proto je nutné koncentrace prachu v pracovním ovzduší sledovat, hodnotit a vytvářet následně taková opatření, aby nedocházelo k poškození zdraví, případně aby poškození zdraví bylo minimální. Míru znečištění ovzduší prachem vyjadřuje koncentrace aerosolu buď hmotnostní, nebo početní v objemové jednotce vzduchu. Pro stanovení prašnosti se používá převážně metoda gravimetrická a zjištěné hmotnostní koncentrace prachu se vyjadřují v mg/m^3 . U vláknitých prachů se pro posouzení prašné situace používá

koncentrace početní, tj. počet vláken na jednotku objemu (vl/cm^3). Počet vláken, se stanovuje z odebraných vzorků prachu mikroskopicky.

Na základě dlouhodobých studií, byly vytvořeny předpisy, podle kterých se měří a posuzují účinky prachu v pracovním prostředí. Základní normou je ČSN EN 481 Ovzduší na pracovišti. [25]

Proto je velmi důležité klást důraz na výběr a účinnost dust collectorů pro pracovní prostředí, kde strávíme 1/3 až 1/2 svého života. [26]

Množství přípustného prachu na pracovišti udává hodnota PEL (přípustný expoziční limit)

PEL – celosměnný časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž mohou být vystaveni zaměstnanci při osmihodinové pracovní době, aniž by u nich došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jejich pracovní schopnosti a výkonnosti. [27] [28]

3.3.4 Analýza substitučních produktů

Produkty dust collectorů lze rozdělit na kapsové filtry (bag filters) a vyměnitelné collector (cartridge collectors). Postupnou analýzou tohoto segmentu bylo zjištěno, že cartridge collectors patří mezi uživatelsky k nejvíce používaným typům vzduchových filtrů v průmyslu.

Vzhledem k vysoké pořizovací ceně těchto produktů většina uživatelů využívá cyklony jako před-filtry pro odstranění větších částic, které by jinak snižovaly životnost dust collectoru.

3.3.4.1 Popis produktu

Dust collector slouží pro filtrování částic o velikosti mikronů. Mezi jejich výhody jistě patří jejich jednoduchá konstrukce. Pevné částice se uchovávají ve vaku, který lze snadno odstranit a zlikvidovat. Z toho důvodu je nižší doba čištění a tím i snížení provozních nákladů.

Jsou vyráběny ze syntetických materiálů jako je polypropylen, polyester, nylon a polytetra fluoroetylene. Tyto typy filtrů (bag filters i cartridge collectors) je možné využívat téměř ve všech průmyslových odvětvích.

Nevýhodou těchto filtrů je vyšší tlakový spád, který způsobuje zvyšování potřebné energie, tedy zvýšení provozních nákladů. Na vývoji efektivnějších filtrů, které by zároveň snižovaly provozní náklady (spotřebu energie, výměnu, servis) stále pracuje mnoho společností. Firma Donaldson přišla na trh s Tetratex® filtrační membránou. Jedná se o ePTFE filtrační laminovanou membránu s různými typy podkladů. Působí jako primární filtr prachu, nepotřebuje tedy žádné stupně předfiltrace. Tím, že omezuje pronikání velmi jemných částic, má TetraTEX vysokou účinnost filtrace a zároveň pomáhá zachovávat celistvost substrátu a udržovat optimální proudění vzduchu při sníženém poklesu tlaku – který, jak je uvedeno dále, prodlužuje životnost filtru a šetří energii. Nejvhodnější je její použití při filtraci částic větších než 5 mikronů. TetraTEX je vyroben z PTFE pryskyřice Fluoropolymeru. Jedná se o materiál, který eliminuje jakoukoliv vláknennou kontaminaci. Stabilní je až do +280 ° C. V porovnání, s klasickou PTFE membránou, TetraTEX dokáže snížit provozní tlak (tlakový spád) až o 20%. (Informace firma DONALDSON ověřovala na základě testů provedených nezávislou zkušební laboratoří za použití metody zkoušení v souladu s VDI 3926). [29]

Další ze společností, která vyvinula „úspornější“ tzv. **ULTRA-FLOW™** dust collector je Quality Air Management. Srovnání současných bag house filtrů a ULTRA-FLOW filtru uvádí tab. 5.

	ULTRA-FLOW	současný bag house filtr
kupní cena	40,000 dolarů	50,000 dolarů
provozní tlak	jen 1-3 inches WC	4-8 inches WC
spotřeba stlačeného vzduchu	jen 2.5 SCFM	8.0 SCFM
životnost	60 měsíců	jen 36 měsíců
délka	136"	135"
šíře	72"	115"
výška	120"	120"

Tab. 5 Porovnání současných filtrů a ULTRA-FLOW filtru

Z této tabulky je patrné výrazné snížení nákladů společnosti, při používání ULTRA-FLOW filtru. Velkou část snížení nákladů má za následek snížení provozního tlaku. [30]

To, že nanovláknenné vrstvy ve filtraci výrazně snižují tlakový spád je již dokázáno, (viz kapitola č. 2 Nanovláknna ve filtraci). Jako další zlepšení, které NV přinesou do dust collectorů (cartridgi) je jejich čistitelnost. Pro čištění cartridge se

používá zpětný ráz vzduchu. Nanovlákná zvyšují podíl povrchové filtrace (nečistoty se tedy nedostanou hluboko do filtru) a tím je zpětný ráz účinnější a filtr získá delší životnost. Filtry s nanovláknem na trh jako první přinesla firma Donaldson. Filtrační médium Ultra-Web[®] zaznamenává průlom v technologii cartridge filtrů právě díky nanovláknenné filtrační technologii. Využívá vrstvy vláken 0,2 až 0,3 mikronů v průměru k zachycení částic menších než 1 mikrometr. Prachové částice se rychle hromadí na povrchu filtru. Jako další výhody těchto filtrů Donaldson uvádí: čistší vzduch, nižší náklady na energii, až 2x delší životnost než komoditní filtry. [29]

Předpokládá se, že poptávka po takto inovovaných produktech by měla tendenci se zvyšovat. (bude mít zvyšující se tendenci). Je to tedy příležitost pro společnosti, které chtějí mít výhody oproti konkurenci a udržet si tak stálé místo na trhu.

Rozměry a cena produktu ve velké míře závisí na velikosti filtračního zařízení – tedy na velikosti prostoru, který je potřeba filtrovat.

3.3.5 Analýza trhu

Průzkumem trhu průmyslové vzduchové filtrace se odhaduje, že tento segment tvoří cca $\frac{3}{4}$ z celkového trhu vzduchových filtrů. Proto je možno tento trh považovat za velmi významný. Na trhu působí již řadu desítek let, což tvoří jeho stabilní základ pro další vývoj a růst.

3.3.5.1 Struktura trhu

Tento segment trhu se stává čím dál více populární, proto má hospodářská soutěž mezi účastníky trhu tendenci se zvyšovat. Stávající společnosti by měli navrhnout takovou inovační strategii, aby zabránili vstupu nových účastníků na trh a zmírňovali tím tak dopady hospodářské soutěže. Noví účastníci budou analyzovat jejich vstupní a výstupní překážky, aby se dostali na tento trh. Inovativnost produktu díky nanovláknům je jedna z inovativností jak obstát před tlakem konkurence a získat tak významnější postavení na trhu.

3.3.5.2 Vývoj trhu

Trh pravděpodobně dál poroste v důsledku rostoucího zájmu mezi koncovými uživateli snížit své náklady a zvýšit účinnost filtrace. Ačkoliv počáteční náklady mohou

být vyšší, z dlouhodobého hlediska jsou dust collectors velice výhodné – malé náklady na údržbu, vyšší účinnost filtrace,...

3.3.5.3 Potenciální zákazníci

Mezi nejvýznamnější společnosti tohoto segmentu jistě patří:

FLEX-KLEEN

MAC – EQUIPMENT

DONALDSON

AAF, Camfil Farr, Ducon, Enviromental Clean Air, Baker Filtration aj.

3.3.5.4 Distribuční kanály

Jako většina průmyslových filtrů i tyto jsou nejčastěji dodávány současně s instalací celého filtračního systému a následně se servisem. Tedy rovnou od výrobců k průmyslovému uživateli. Další možností distribuce je před distributory – tedy společnosti, které se přímo výrobou filtrů nezabývají, nakupují je tedy od světových značek. Předmětem podnikání takovýchto společností je většinou instalace průmyslových filtračních systémů a jejich servis.

VÝROBCE – PRŮMYSLOVÝ UŽIVATEL

VÝROBCE – FIRMA (INSTALACE, SERVIS) – PRŮMYSLOVÝ UŽIVATEL

3.4 Clean rooms

Jako tzv. „clean rooms“ se označují prostory s vysoce náročnými požadavky na čistotu prostředí. [31]

Jsou to technologické prostory, telekomunikační a výpočetní centra, laboratoře a podobné prostory, kde je dán důraz na přesné udržování teploty a vlhkosti vzduchu. [32]

Dále do tzv. „čistých prostor“ patří nemocniční prostředí, prostory v průmyslu farmaceutickém, elektrotechnickém, strojírenském, potravinářském a chemickém.

Clean room je prostředí, typicky používané ve výrobním či vědeckém výzkumu, které má (musí mít) nízkou hladinu látek znečišťujících prostředí jako je prach, mikroby nesené vzduchem, aerosolové částičky či chemické páry. Přesněji, clean room má kontrolovat hladinu znečištění, které je specifikované (dané) počtem částic na jeden

kubický metr a danou velikostí částic. Pro představu, okolní vzduch v typickém městském prostředí obsahuje 35 000 000 částic na kubický metr, o velikosti 0,5 μm a větších, odpovídající normě ISO 9 clean room.

Kontaminující látky jsou vygenerované lidmi, procesem, zařízeními a vybavením. Musí být ze vzduchu ustavičně odstraňovány. Které částičky jsou „nebezpečné“ a které ne, záleží na požadovaných standardech. Nejčastěji užívaná norma pro standardy čistých prostorů je ISO 14644-1, viz tab. 6. Tato norma je dokument, který stanovuje standardní třídy vzdušné čistoty pro úrovně v clean rooms a čistých zónách. [33]

ISO 14644-1 cleanroom standards

TŘÍDA	MAXIMUM PŘÍPUSTNÝCH ČÁSTIC/ m^3						FED STD 209E ekvivalent
	$\geq 0.1 \mu\text{m}$	$\geq 0.2 \mu\text{m}$	$\geq 0.3 \mu\text{m}$	$\geq 0.5 \mu\text{m}$	$\geq 1 \mu\text{m}$	$\geq 5 \mu\text{m}$	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Třída 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Třída 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Třída 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Třída 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Třída 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Třída 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Room air

Tab. 6 Standardy pro „clean rooms“ [34]

K porovnání – vzduch v typické kancelářské budově obsahuje od 500 000 do 1000 000 částiček o velikosti 0,5 mikronu a větší na jeden krychlový metr vzduchu. Třída 100 clean room je navržena tak, aby nikdy nedovolila více než 100 částiček a stejné velikosti na jeden krychlový metr. [33]

Clean rooms mohou být velmi velké. Uvnitř těchto prostor mohou být obsažena celá výrobní zařízení o rozloze i tisíc čtverečních metrů. Jsou značně užívány v polovodičové výrobě, biotechnologii, přírodních vědách či jiných oblastech, které jsou velmi citlivé na znečištěné okolní prostředí.

Vzduch vstupující do clean room z venku je filtrovaný tak, aby se vyloučil prach, vzduch uvnitř je stále recirkulován přes vysoce účinné HEPA (High Efficiency Particulate Air) či ULPA (Ultra Low Penetration Air filter) filtry, aby se odstranily kontaminující látky. Filtry pro tyto prostory se zařazují do filtrační skupiny H a U – tedy filtry pro mikročástice.

HEPA Filtr - účinnost 99.97% zachycení částic velikosti rovné a větší než 0.3 μm , částice této velikosti jsou pro HEPA filtry nejobtížněji filtrovatelné, větší a menší částice jsou filtrovány s ještě vyšší účinností.

ULPA filtr - účinnost 99.999% zachycení částic velikosti rovné a větší než 0.12 μm (použití v mikroelektronice a též ve farmaceutickém průmyslu). [35]

Teplota pro pracovní prostředí je dána pro zimní a letní provoz. Po zimní je to $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a pro letní provoz $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

Relativní vlhkost je zpravidla udržována na hodnotě $45 \pm 10\%$ RV. Neměla by převýšit hodnotu 65%.

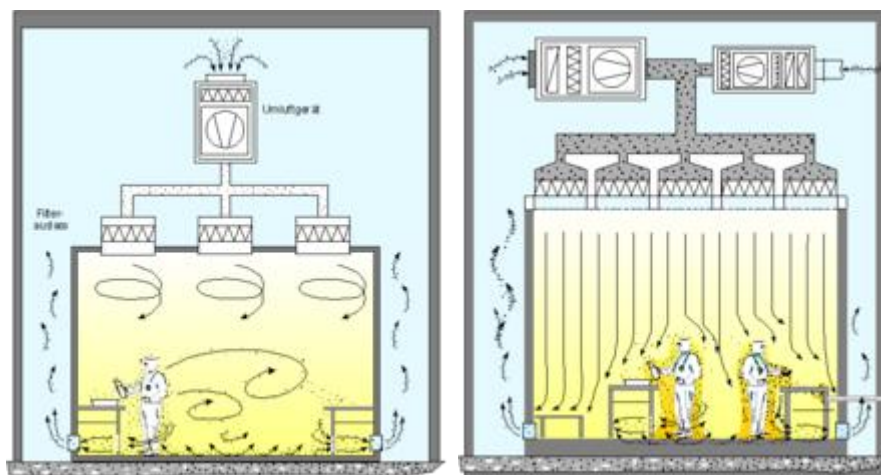
Priváděný filtrovaný vzduch má vytvářet přetlak směrem od vyšší třídy čistoty k nižší (směr od produktu) Přilehlé prostory odlišných tříd mají mít tlakový rozdíl 10 – 15 Pa. V rámci jedné třídy čistoty se tlakový spád resp. směr proudění řídí technologií a je kvantifikován projektově a ověřen validačními zkouškami. Zpravidla se volí tlakový spád 5 Pa. Přetlak je sledován pomocí měřičů tlakového rozdílu. [35]

Personál vstupuje a odchází skrz tzv. vzduchové uzávěry (někdy musí projít i atmosférickou sprchou) a musí mít ochranný oděv jako ochranné masky, čepice, rukavice, zakryté boty – tzv. cleanroom oblek. [36]

Veškeré vybavení uvnitř cleanroom je navrženo tak, aby způsobovalo minimální kontaminaci ovzduší.

V levnějších cleanrooms, ve kterém standardy kontaminace ovzduší jsou méně tvrdé, nemívá vstup do prostor atmosférickou spršku. Obsahují předsíň, ve které musí být oblečeny zvláštní obleky a až poté může člověk vejít.

Princip proudění vzduchu v cleanroom je znázorněn na obr. 19.



Obr. 19 Typy proudění vzduchu v clean room [34]

3.4.1 Analýza substitučních produktů

Jak již bylo uvedeno, pro prostory s nejvyššími nároky na čistotu ovzduší bývá využíváno HEPA a ULPA filtrů. Na trhu je široká nabídka těchto produktů, všechny však musí splňovat stejnou účinnost filtrace, ať už jsou jakékoliv konstrukce.

Celkově mají HEPA filtry krátký životní cyklus – z důvodu zachytávání v podstatě všech částic ze vzduchu, se filtry rychleji zanáší – proto se stává velmi populární jakákoliv konstrukce či změna k prodloužení jejich životnosti. Jednou z možností je využívání tzv. před – filtrace. Tyto před-filtry mohou odstranit většinu větších látek z ovzduší, než se dostanou k HEPA filtru. Hepa filtr tak získá životnost 5-7 let, zatímco před-filtr jen 6-18 měsíců. Další možností je využívání nanovláknenných vrstev, které usnadňují čištění filtrů a tím prodlužují jeho životnost.

3.4.1.1 Popis produktu

HEPA a ULPA filtry slouží k filtrování částic z ovzduší o velikosti řádově v nanometrech. Pro záchyt částic o velikosti $0,3 - 1 \mu\text{m}$ by tyto filtry měly mít účinnost více jak 99,97%, tzn., že z každých 10.000 filtrovaných částic propustí pouze 3 částice. [37]

HEPA filtr je jakýsi „chomáč“ náhodně uspořádaných vláken. Podstatnými parametry jsou šířka těchto vláken, jejich vzájemná vzdálenost a tloušťka celého filtru. [38]

Firma Camfil Farr uvádí, že výběrem správného filtru s vysokou efektivitou a nejnižším tlakovým spádem je možné dosáhnout významných úspor na energii při udržení vysoké čistoty ovzduší, viz kapitola Technologicko-ekonomická analýza.

Proto je cílem všech výzkumů v oblasti vzduchové filtrace vyvinout filtr se 100% účinností proti kontaminujícím látkám v ovzduší a s nulovým tlakovým spádem. [39] Jakékoli přiblížení této teorii je bráno za velký úspěch.

Filtry bývají nejčastěji vyráběné ze syntetických vláken jako je polyuretan, či e-PTFE (polytetraflouroethylene). Dále se také využívá skleněných mikrovláken. Filtrační médium je nejčastěji skládáno do tzv. složence. Výškou a počtem skladů je optimálně přizpůsobováno konkrétním provozním podmínkám.

Důležitá je u těchto filtrů také filtrační plocha. Ta by měla dosahovat $0,1\text{m}^2$ filtru na 1m^3 filtrované plochy. Průtok vzduchu dosahuje cca 4000m^3 vzduchu/hodinu. [37] [39] [40]

Filtry bývají zasazeny do pevného hliníkového, ocelového či dřevěného rámu. Zlepšují tak instalaci, zabraňují mechanickému poškození a celkově usnadňují manipulaci s filtry. Velikost filtrů je dodávána dle konkrétních požadavků zákazníka. Standardně se však vyrábí ve velikostech 305-1525 x 305-915 (dxš).

Cena filtrů se pohybuje v závislosti na jeho konstrukci a velikosti. Do velkých průmyslových prostor může jít řádově až tisíce korun.

Všechny použité filtry by měly být likvidovány tak, aby co nejméně zatěžovaly životní prostředí. Jsou proto určeny ke spalování ve speciálních spalovnách či ke skládkování na ekologických skládkách. [40]

3.4.2 Analýza trhu

Z průzkumu trhu je jasné, že tento segment trhu má vzrůstající tendenci již po několik let. Je to dáno především stále většími požadavky na čistotu ovzduší v uzavřených prostorech.

3.4.2.1 Struktura trhu

Hlavní uživatelé se rozdělují na dvě skupiny – elektroniku a farmacii a biotechnologii. Elektronika je brána jako největší sféra uživatelů HEPA filtrů. Proto má také výraznější vliv na trh než farmacie a biotechnologie. S rostoucí konkurencí se zvyšují i nároky na vysokou účinnost filtrů. Každá společnost bude chtít nabízet ty

nejúčinnější filtry, aby dosáhla výhod na trhu před konkurencí. Firmy jsou vystavovány silnému tlaku trhu, aby co nejvíce snížily cenu svých produktů a proto jen ty největší firmy mají prostředky na investice do výzkumu a vývoje. Vývoj v této oblasti se nejvíce zaměřuje na ještě zvýšení účinnosti, snížení tlakového spádu a prodloužení životnosti produktů.

3.4.2.2 Vývoj trhu

Čisté prostory musí být striktně dodržovány i v polovodičovém průmyslu. Trh těchto filtrů začal vzrůstat společně se zvyšující se poptávkou po internetu a bezdrátových telekomunikačních aplikacích. Další příčinou růstu tohoto trhu je také zvýšení informovanosti s cílem zlepšit kvalitu vnitřního ovzduší odstraněním virů a bakterií již v jejich zárodcích.

I přesto, že je očekáván růst polovodičového průmyslu, musí být bráno v úvahu, že tato sféra je velmi nepravidelná a obtížně předvídatelná.

3.4.2.3 Potenciální zákazníci

Trh HEPA a ULPA filtrů zastupuje celá řada významných světových společností. Níže uvedené se řadí světově mezi nejvýznamnější. Každá z nich se více či méně zabývá vývojem filtrů pro čisté prostory. Je tedy možné na ně pohlížet jako na potenciální zákazníky či jako partnery pro další vývoj a inovaci produktů v tomto segmentu.

CAMFIL FARR – z výroční zprávy společnosti je zřejmé, že prodej neustále narůstá. V roce 2008 prodej vykazuje navýšení 53% oproti roku 2004. [39]

AMERICAN AIR FILTERS – společnost na trhu již od r. 1921, rozšířila se brzy do celého světa a dnes čítá na několik tisíc zaměstnanců s pobočkami po celém světě.

Mezi další společnosti obstarávající tento trh jistě patří: FLANDERS, CLARCOR, MICRO AIR, DONALDSON aj.

Z českých firem je velmi významná firma Klima-service a.s. Zabývá se především vývojem a výrobou vzduchových médií a filtrů. [40]

3.4.2.4 Distribuční kanály

Účastníci na tomto trhu se snaží co nejvíce vyhovět potřebám svých zákazníků. Proto nejčastěji využívají svých zástupců po celém světě, aby mohly být v blízkosti, kde se zrovna nachází jejich zákazník. Tito zástupci rovněž provádí údržbu a veškerý servis. Další distribuční cestou na tomto trhu je přímý prodej či e-commerce (či elektronická komerce je způsob využití internetu k realizaci obchodních transakcí). [41]

VÝROBCE - ZÁSTUPCE - ZÁKAZNÍK

PŘÍMÝ PRODEJ – ZÁKAZNÍK

VÝROBCE – E-SHOP-ZÁKAZNÍK

3.5 Lakovny

Lakovací kabiny či kontinuální lakovací linky představují vysoce produktivní zařízení pro nanášení kapalných vodouředitelných či rozpouštědlových nátěrových hmot nebo práškových plastů.

K základní výbavě kabin patří systém odsávací vzduchotechniky s filtrací tuhých částic přestříků nátěrových hmot z odsávaného vzduchu a vzduchotechnika s jemnou filtrací přiváděného vzduchu. [42]

Pro zajištění legislativních požadavků na dodržení emisních limitů tuhých znečišťujících látek (TZL) a organických těkavých látek (VOC) v odpadním vzduchu z lakoven jsou kabiny vybaveny příslušným filtračním zařízením.

Pro malé a střední zdroje znečištění tvoří tato zařízení obvykle třístupňový suchý filtrační systém (záchyt TZL) a pro záchyt VOC jsou to

- kazety s náplní aktivního uhlí
- filtrační komora s kazetami s náplní aktivního uhlí jako doplněk vzduchotechnické větrací jednotky

Pro větší střední a velké zdroje znečištění tvoří tato zařízení obvykle také třístupňový suchý filtrační systém pro záchyt TZL a pro záchyt VOC je nutné použít technologie na bázi termické nebo katalytické oxidace splňující podmínky aplikace nejlepších dostupných technik. [43]

Velmi důležité je chránit před nežádoucími výpary hlavně metalizéry a tryskaře. Resp. všechny osoby, které se pohybují v blízkosti lakovacích kabin. Používají se kukly napojené na filtrační jednotky. Typy filtrů se používají dle škodlivých částic obsažených ve vzduchu.

Částice vyskytující se ve znečištěném vzduchu z lakoven:

- částice a aerosoly
- organické plyny a páry organických látek s bodem varu nad 65°C
- organické plyny a páry organických látek s bodem varu pod 65°C
- anorganické plyny a páry anorganických látek (kromě oxidu uhelnatého)
- oxid siřičitý a ostatní kyselé plyny a páry
- amoniak a organické aminy
- rtuťové výpary
- kysličník uhelnatý
- radioaktivní jód, metyljód a radioaktivní částice [44]

3.5.1 Analýza substitučních produktů

Nejobvyklejší je u lakoven využívání třístupňového filtračního systému, který obsahuje:

A] dvojici ocelových žaluzií tvořící labyrint – materiál pozinkovaný plech případně z leštěného nerez.

B] netkanou filtrační textilií (nejčastěji v kombinaci s aktivním uhlím), filtrační textilie se vyrábí nejčastěji ze syntetických vláken, jako jsou PAD, PES, POP atd.

viz produkty

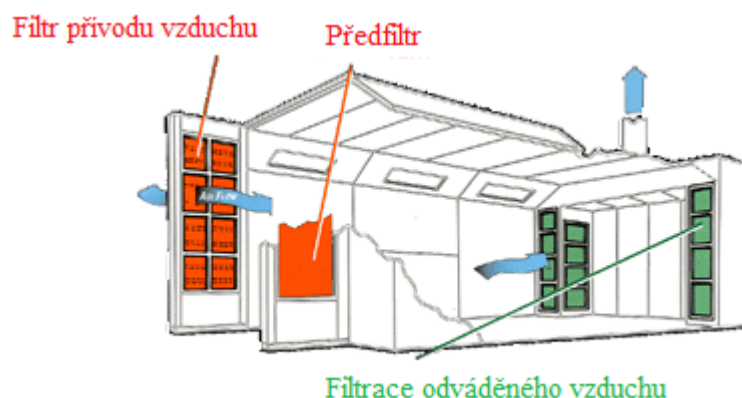
C] papírové skládané filtry viz produkty [44]

Tento systém dosahuje účinnosti až 99 %. [45]

Netkané filtrační textilie

Filtrační produkty pro lakovny se rozdělují dle systému filtrace, viz obr. 20:

- Pre-filter (předfiltraci)
- Intake filter (filtrace přiváděného vzduchu)
- Exhaust filter (filtrace odváděného vzduchu)



Obr. 20 Proudění vzduchu v lakovně

Použitím co nejlepších filtračních materiálů by se mělo dosáhnout co nejlepšího větrání lakovacích boxů, menší údržbu systému a také dlouhodobou životnost filtru. Např. firma Reliable filter preferuje filtr skládající-se ze tří postupně hustých vrstev. Výsledkem je rovnoměrně zachycená barva v celém objemu filtru.

Jako další filtrační produkt uvádí papírový filtr pro zachyt látek v tuhé fázi. Je tvořen vícenásobnou vrstvou papíru s polyesterem, což zajišťuje maximální životnost.

Jako Intake filters využívá filtry Fiberbond DFM 4 a DFM 8, které řadí mezi nejlepší a nejvíce používané ve světě. Fiberbond DFM 4 může odstranit až 99% částecek o velikosti 4 mikronů či větší. Fiberbond DFM 8 může odstranit až 99,95% nejvíce škodlivých 10 - ti mikronových částecek.

Dále využívají polyesterového média o dvou vrstvách – bílé a červené. Bílá vrstva složená z hrubých vláken postřík zachytí a zabrání jeho zpětnému uvolňování.

Červená vrstva o větší hustotě poté zachytí částecky až 99,9% částecek obsažených v běžně používaných nátěrech. Testy provedené nezávislou laboratoří dokázaly účinnost tohoto média přes 99,8% . Tato filtrační textilie je bez halogenů a může být snadno ekologicky spálená. [46]

Další využívaná média:

Intake filters :

Filtr založen na technice vrstevní, aby zajistil hloubkovou filtraci s co nejnižším tlakovým spádem. Tyto filtry jsou impregnovány v celém objemu, aby se předcházelo pohybu zachycených částecek v důsledku chvění systému.

Cena těchto filtrů se pohybuje dle jejich velikosti cca 18,65 dolarů za filtr 20" x 66". [47]

Exhaus filters:

Tyto filtry bývají založeny na podobném principu jako Intake filters. Pro jejich výrobu se používají jak syntetická vlákna tak např. vlákna skleněná. Cena filtrů ze skleněných vláken se pohybuje 20" x 25" za 75 dolarů, ze syntetických 16 dolarů. [48] Často bývají využívány filtry obsahující aktivní uhlí. Cena těchto filtrů se pohybuje 10x10x1 \$9.00 . [49]

Použití nanovláken je v této oblasti velkou příležitostí. Oproti jiným filtrům vykazují filtrační média s technologií nanovláken nižší tlakovou ztrátu. Díky tomu je při odlučovacím procesu snížena spotřeba energie řádově o 50% či více. Spotřeba energie se dá ještě více snížit např. technikou výroby filtru (skládané filtry). [50]

Použitím nanovláken ve filtrech se také daleko lépe zachycují „jedovaté“ částice uvolňující se do ovzduší a tím se stává ovzduší v lakovnách čistší a méně nebezpečné pro pracovníky.

Používání filtrů s nanovlákeny by nepřineslo v této oblasti žádné zcela nové vlastnosti oproti dnes běžně používaným filtrům. Produkt by tímto vylepšením dosáhl velkého zlepšení dosavadních vlastností. Celková filtrace by se stala efektivnější. Velkým přínosem, pokud by byla zanedbána kvalita a čistota ovzduší, je jistě snížení spotřebované energie.

Plošná hmotnost filtračních materiálů používaných v lakovnách se pohybuje v rozmezí od 150 – 600 g/m². [51]

Nanovláknenná vrstva má plošnou hmotnost od 0,01 – 5g/m² což představuje jen 0,006 – 0,83 % z plošné hmotnosti textilie. Hmotnostní podíl nanovláknenné vrstvy ku filtrační textilií je tedy zanedbatelný.

Cena 1m² nanovláknenné vrstvy se pohybuje řádově v desítkách korun. Záleží na ceně použitého polymeru. V porovnání s navýšením účinnosti filtru a také s ušetřenou energií díky sníženému tlaku je tato částka, o kterou by se prodej filtrů navýšil také zanedbatelná.

Nanovláknna jistě ovlivní cenu výsledného produktu, neměla by být však přemrštěná. Jak již bylo uvedeno, cena 1m² se pohybuje v desítkách korun, což není závratná suma. Určitě to však nebude konečný nárůst ceny. Ke konečnému produktu budou připočítány i jiné faktory. Míra vlivu nanovláken na konečnou cenu produktu se bude také odvíjet od toho, jak moc budou lidé ochotni za tuto „novinku“ zaplatit, což souvisí s mírou informovanosti trhu o vlivu nanovláken na konečný produkt. Aby posoudili, zda se jim „vyplatí“ si za výjimečnost nanovláken připlatit.

Většina použitých filtrů je určená k ekologické likvidaci - pyrolýznímu spálení ve spalovnách, tím vzniká minimální odpad a minimálně tak zatěžují životní prostředí. Další možností likvidace je ekologické skládkování. [16] [51]

3.5.2 Analýza trhu

Při zavádění filtrů s nanovláknny do systémů lakovacích kabin se odhaduje rychlý růst, který bude záviset na informovanosti a komunikaci prodejců s uživateli. Zralost nastane ve chvíli, kdy převážná většina lakoven bude chtít využívat nanovláken ve svých filtračních systémech. Poslední fáze, pokles, bude záviset na samotné životnosti produktu. Tedy jak často bude potřeba filtr vyměnit za nový. Životní cyklus produktu ve velké míře závisí na množství zachycovaných částic a také na jejich velikosti. Při zachycování větších prachových částic se filtr rychleji zanáší a tím se zkracuje jeho životní cyklus a naopak.

3.5.2.1 Struktura trhu

Typickým zákazníkem využívající filtry pro lakovny jsou větší firmy zabývající se konečnými povrchovými úpravami menších až velkorozměrových dílců a kompletních výrobků. Dalším typickým zákazníkem jsou firmy, které lakovací boxy a kabiny vyrábí a dodávají je včetně filtračních systémů. Jejich činností je také servis, který zahrnuje i výměnu a likvidaci filtrů.

Vstup nových konkurentů na tomto trhu není tak běžný. Konkurence schopnost záleží především na službách a servisu, který dané firmy nabízejí.

3.5.2.2 Potenciální zákazníci

ČESKÉ FILTRY s.r.o.

IB FILTR – jedna z větších obchodních společností zabývajících se distribucí i vlastní výrobou filtrů pro filtrační systémy lakovacích boxů a linek. Jejich hlavními partnery jsou Filtrair bv (Holansko), SAIMA MECCANICA (Itálie) a ROSAUTO (Itálie).

EST + a.s. – základní jmění 2400 000,- počet zaměstnanců 73

GALATEK a.s.

ŠIMEK s.r.o. – tato firma se zabývá prodejem dřevoobráběcích a kovoobráběcích strojů, zaměřuje se však také na stříkací zařízení a lakovny – není to však jejich hlavní činnost, proto tato firma nezaujímá výsadní postavení na trhu lakoven

3.5.2.3 Distribuční kanály

Produkty jsou nejčastěji dodávány současně s celou montáží lakovacích kabin či linek. Filtry tedy nedodává obvykle přímo výrobce, ale firma, která s výrobcem spolupracuje. Tyto filtry pak montuje do svých filtračních zařízení a zajišťuje i jejich servis – tedy i prodej.

VÝROBCE – INSTALACE (SERVIS) - ZÁKAZNÍK

3.6 Dřevozpracující průmysl

Dřevěný prach pochází z přírody. Proto se mnoho lidí domnívá, že si s ochranou dýchacích cest či očí nemusí dělat starosti.

Dřevěný prach však patří k vážným rizikovým faktorům, které mají výrazný vliv na zdraví člověka. Nejsou to jen onemocnění sliznic a spojivek, kožní alergické reakce či dýchací problémy, ale dokázána je i karcinogennost dubového či bukového prachu.

Následky vdechování dřevního prachu jsou závislé na fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech, na jeho množství ve vzduchu a na aktivitě dýchání (např. při námaze). Částičky prachu jsou vdechované nosem či ústy, přičemž 40-50% částic o velikosti nad 0,02mm jsou zachyceny již na sliznici v nose či v horních cestách

dýchacích. Horní cesty zachytí většinu částic větších jak 0,005mm. Menší částice se usazují v průduškách a mnohdy se dostanou až do plic.

Odsávání a filtrace dřevěným prachem znečištěného vzduchu je proto nevyhnutelným předpokladem ochrany zdraví zaměstnanců. Nezbytné je také používání ochranných respirátorů.

Množství prachu z různých dřevin v mg/m^3 :

Exotické dřeviny - 1,0

Ostatní dřeviny – 8,0

Dub, buk (karcinogen 1. Kategorie) – 5,0 (TSH)



Obr. 21 Ukázky pilin a dřevního prachu [53]

č. 1 – dubové piliny z cirkulárky

č. 2 – hrubý prach moruše

č. 3 – bukový jemný prach po broušení brusným papírem

č. 4 – prach z krytu motorové pily – výrazně se liší – obsahuje mazací olej

3.6.1 Působení dřevního prachu na člověka

Každý druh dřevního prachu má jiné účinky na lidský organismus. Záleží především na citlivosti jednotlivců. Průměrné účinky jsou uvedeny v tab. 7.

Dalším nebezpečím, které může vzniknout ve dřevozpracujících provozech je fakt, že dřevný prach v souvislosti se vzduchem může vytvářet výbušnou směs např. ve filtrech nebo odlučovačích. [55]

Způsob, jak předejít všem výše popsaným problémům je jistě instalace vhodné a účinné ventilace s odsáváním a požadovanou filtrací, samozřejmě je také používání respirátorů pro ochranu dýchacích cest.

Instalace zvlhčovacích systémů může být také způsob, jakým lze snížit prašnost v těchto prostorách. [52] [54]

NÁZEV DŘEVINY	MÍSTO PŮSOBNÍ	INTENZITA ÚČINKU	INTENZITA VÝSKUTU
akát	Dráždění ke zvracení	Intenzivní	Vzácný
buk	Působí na dýchací cesty	Intenzivní	Vzácný
bříza	Působí na dýchací cesty, dráždí ke zvracení	Intenzivní	Vzácný
dub	Dráždí nosní sliznice	Intenzivní	Vzácný
eben	Působí na dýchací cesty, oči, kůži	Intenzivní	Běžný
jasan	Dráždivý, působí na dýchací cesty	Běžná	Vzácný
javor	Působí na dýchací cesty	Intenzivní	Vzácný
jedle	Působí na oči, kůži	Slabá	Vzácný
smrk	Působí na dýchací systém, oči, kůži,	Velmi silná	Běžný
tis	Dráždí oči, kůži	intenzivní	běžný

Tab. 7 Působení prachu z běžných dřevin [53]

3.6.2 Analýza substitučních produktů

Běžně dostupné filtrační systémy pro tyto provozovny by měly s co nejvyšší účinností odsávat a zachycovat dřevný prach bez jeho zpětného uvolňování. Jak již bylo uvedeno, velikost dřevného prachu se pohybuje od 5 do 20 μm , tedy částčky tak malé, že je zapotřebí speciálních filtrů pro jejich záchyt. Přidáním nanovláken do dnes běžně dostupných filtrů se jejich účinnost mnohonásobně zvýší. Pracovní prostředí se tedy stane „čistější“, s co nejmenšími vlivy na lidský organismus. Další předností takto „vylepšených“ filtrů je jejich zvýšená prodyšnost, díky které se výrazně sníží tlakový spád. Tedy rozdíl tlaku proudu vzduchu před filtrem a za filtrem. To způsobuje výrazné snížení potřebné energie. Filtry s přidáním nanovláken tedy nemají vliv jen na čistotu prostředí, ale také na celkovou ekonomiku firmy.

3.6.2.1 Popis produktu

Filtry pro dřevozpracující průmysl jsou konstruované nejčastěji jako hadicové či jako tzv. bag filtry viz obr. 22.



Obr. 22 Typy filtrů ve dřevozpracujícím průmyslu

Materiálem bývá tkaná bavlna či polyesterová netkaná textilie. Používají se i filtry s aktivním uhlím pro zachyt organických škodlivin jako např. výpary z lepidel, laků, ředidel atd.

Při použití nanovláken do současně užívaných filtrů budou zároveň sloužit pro účinnější zachyt organických škodlivin – výpary z laků, ředidel, barev atd.

3.6.3 Analýza trhu

Dřevozpracující průmysl je možné zařadit jako odvětví trhu dust collectors, filtry spolu velmi úzce souvisí – v obou případech zachytávají prach.

3.6.3.1 Struktura trhu

Zásobování tohoto trhu nejčastěji obstarávají firmy s dlouholetými zkušenostmi. Nová konkurence se na tomto trhu většinou nevyskytuje. Možnou konkurencí jsou menší firmy, které filtraci dřevného prachu přibírají jako svou další činnost. Tedy firmy zabývající se jakoukoliv filtrací v průmyslu a začínající rozvíjet svou specializaci i na tento segment.

Na současném trhu je velmi málo společností, které by nabízely nanovláknenné filtry. Jednou z největších společností je firma Donaldson, která již nanovláknennou technologii využívá pro své filtrační výrobky. Filtr proti prachu využívající nanovláknennou technologii je popsán v kapitole dust collectors.

3.6.3.2 Potenciální zákazníci

Mezi hlavní výrobce těchto produktů je britská firma SCOOTEX – filters. Má dlouholeté zkušenosti již od r. 1979 a své produkty prodává do celého světa.

Mezi další významné výrobce filtrů pro zachyt dřevného prachu patří:

Heaton green

Filtex

Dustair Limited

Donaldson

3.6.3.3 Distribuční kanály

Tyto filtry se většinou dodávají přímo od výrobce, který se specializuje na celou instalaci odsávacích a filtračních zařízení a také jejich servis.

Distribuční kanál je tedy následovný:

VÝROBCE filtrů - firma instalující a servisující filtrační zařízení FIRMA ZPRACOVÁVAJÍCÍ DŘEVO (zákazník)

3.7 Zpracovávání kovů

Kovy jsou hojně průmyslově využívány pro svoje ojedinělé fyzikální vlastnosti a pro snadnou zpracovatelnost. Kovy se zpracovávají litím, kováním, tvářením za studena, válcováním, protlačováním, slinováním, kovoobráběním, stříháním a ohýbáním.

Mezi nejpoužívanější techniky z pracování kovů patří:

Lití Roztavený kov nalije do připravené formy.

Kování Rozpálený kus kovu, tzv. náboj, vytvaruje nárazy kladiva či v kovací lisu (bucharu).

Válcování Při procesu válcování se náboj posouvá mezi proti sobě položenými válci. Válcování se může provádět za studena i za tepla. Odstup mezi válci je postupně snižován, až se dosáhne plechu požadované tloušťky.

Protlačování U této metody dosáhneme požadovaného tvaru protlačováním rozpáleného temperovaného (tzn. kujného) kovu přes matrici.

Slinování Jako slinování se označuje metoda stlačování kovového prášku ve formě za vysokých teplot.

Kovoobrábění Kovoobráběcí stroje jsou soustruhy, frézky a vrtačky. Kovoobráběcí postupy se uplatňují pro tvarování kovů pouze za studena, a to řezáním a broušením viz obr. 23.



Obr. 23 Kovoobrábění

Stříhání a ohýbání Plechy a tyče jsou stříhány na lisech nebo hydraulických nůžkách a ohýbány do požadovaného tvaru.

Zpracování kovů za studena, jako je válcování a ohýbání, zlepšuje tvrdost materiálu. V materiálu dochází k mikroskopickým změnám, defektům, a ten se tak stává odolnějším proti dalšímu tvarování. Pokud je kov zpracován za tepla, a to žíháním, kalením, temperováním a cementováním, ovlivní se jeho odolnost proti korozi i mechanické vlastnosti, jako tvrdost a houževnatost. Žíhání kov změkčuje a zároveň jej činí houževnatějším. Kalení a cementování zvyšují tvrdost povrchu. Zakalený kov je velice tvrdý a křehký. Temperování se provádí až po kalení a vede ke snížení křehkosti a celkovému zlepšení vlastností kovu. Lití existují různé druhy. Příkladem je lití do pískových nebo voskových forem, tlakové lití, nebo plynulé lití. [56]

Dále se v tomto odvětví využívá povrchových úprav, které stejně jako výše zmíněné techniky mají vliv na čistotu pracovního prostředí. Jsou to např.: zinkování, niklování, cínování, chromování, eloxování, nátěry aj. [57]

Při povrchových úpravách materiálů jsou používány různé nebezpečné chemické látky a přípravky, přičemž práce s nimi představuje specifický zdroj ohrožení zdraví, případně i života. Je v zájmu každého, kdo s těmito látkami pracuje, ochránit se před škodlivými účinky všech používaných látek.

Základní povinností zaměstnavatelů je tedy vytvořit podmínky pro to, aby jejich zaměstnanci nebyli prací s chemickými látkami a přípravkami ohrožováni. Povrchové úpravy materiálů jsou považovány za rizikové i proto, že v průběhu technologických procesů dochází vlivem úniků různých druhů chemických látek a přípravků z technologických zařízení nejen k zatěžování pracovního prostředí, ale následovně i k ohrožování životního prostředí. [58]

Např. při výrobě odlitků je hygienicky nejproblematictější formování a čištění (tedy odstraňování zbytků forem), a to proto, že hlavní přísadou formovacích směsí bývá fibroplastický SiO_2 . Fibroplastická je schopnost prachu chorobně měnit plicní tkáň. V současnosti jsou nejvýznamnějšími fibroplasty SiO_2 a azbest.

Základním hygienickým požadavkem proto je odstranění fibroplastických prachů a aerosolů s obsahem toxických a karcinogenních látek z vdechovaného vzduchu. Pracovní prostředí hutních provozů je znečištěno prachem, ve kterém jsou právě nemetalické fibroplastické částice SiO_2 . Nejvíce jsou postižené provozy výroby forem (formovny) a čištění odlitků (čistírny). Velikost prachových částic se zde pohybuje v rozmezí od 0,5 do 1000 μm .

V tavárnách kovů a při mechanickém opracování odlitků broušením převažují metalické částice s rozměry 0,01 až 5 mm tedy 10 – 5000 μm . Páry kovů smíšené s prachy tvoří koloidní směs – dým. Disperzním prostředím je vzduch a plyny vyskytující se při jednotlivých operacích – CO, CO_2 , SO_2 .

V dýchacím ústrojí probíhá současně ukládání prachů a dýmů z vdechovaného vzduchu a samočistící proces.

S ohledem na velikost částic pevné fáze aerosolů můžeme uvažovat s tímto rozdělením ukládaných částic:

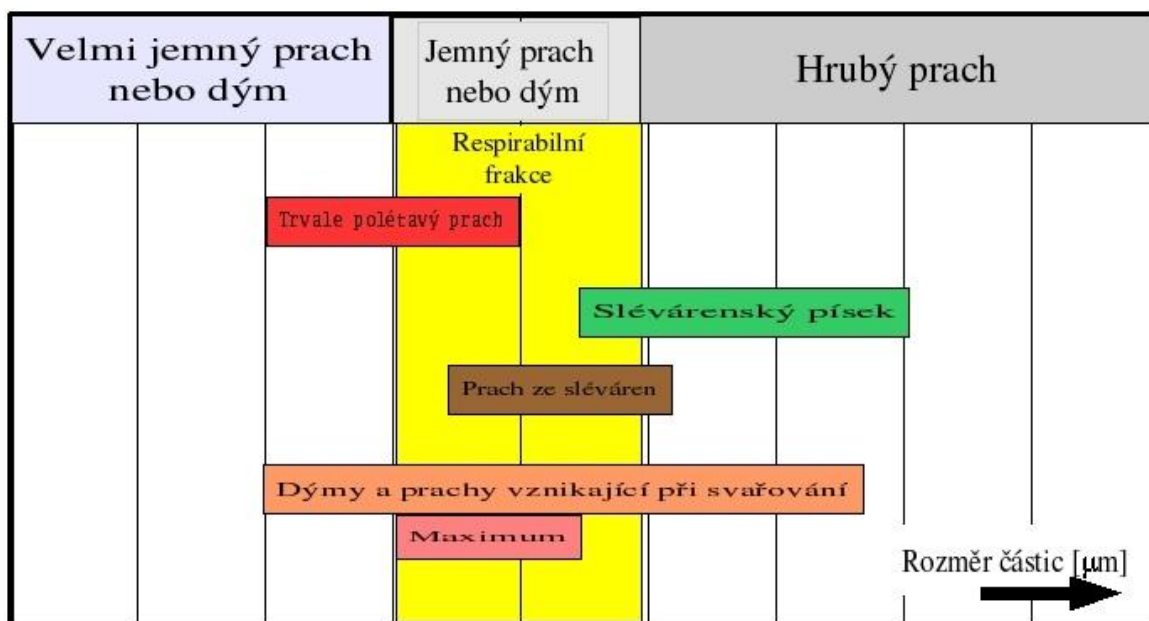
- Největší částice o minimální velikosti 3 až 10 mm. Jsou ukládány převážně dopadem a částečnou sedimentací v horních cestách dýchacích.

- Částice v pásmu respirabilní frakce o velikosti 0,5 až 3 mm. Jsou ukládány gravitační sedimentací a ukládání roste s hloubkou vstupu do dýchacích orgánů a je vyšší v dechové pauze. V tomto pásmu dosahují negativní biologické účinky maxima.
- Částice s velikostí $< 0,5$ mm. Jsou deponovány mechanismem difuze v nejhlubších a nejjemnějších prostorách plic.

Typy prachu v závislosti na velikosti částic jsou uvedeny na obr. 24.

Znečištění pracovního prostředí fibroplastickými prachy a kovovými aerosoly výrazně ovlivňuje zdravotní stav. Je nutné uvažovat i s nespecifickým působením znečišťujících látek vyvolávajících zátěž organismu – stres, s následnými nepříznivými účinky na cévní a nervový systém. Tento účinek je potvrzen Bertrandovým zákonem, který říká (volně): Látka je nebezpečná i při koncentracích nižších než NPK (nejvyšší povolená koncentrace škodlivé látky), jestliže působí za vhodných podmínek dostatečně dlouhou dobu. Dostatečně dlouhou dobou jsou v tomto případě roky. Častým názorem je pracovníka chránit individuálními ochrannými prostředky (větrané kukly, respirátory). Omyl je zřejmý při pohledu na obrázek, kde je dobře patrné, že většina prachů a dýmů vznikajících při výrobě odlitků a svařování se velikostí shoduje s trvale polétavým prachem. Pevná fáze trvale polétavého prachu je < 1 mm, a proto bude trvale znečišťovat i okolní pracoviště. Trvale polétavý prach setrvává v ovzduší – ve starých halách byl dobře patrný jako lehká kouřová clona visící pod stropem. Na novějších pracovištích je trvale polétavý prach roznášen všude prouděním vzduchu, průvanem, větráním, pohybem osob.

Technických prostředků, které snižují působení vdechovaných škodlivin na minimum je v současnosti na trhu nepřeberné množství. Od nejrůznějších individuálních pomůcek, přes více nebo méně fungující odsávací zařízení. Každé řešení je vždy pro někoho omezující: Pro zaměstnavatele svou cenou, provozními náklady, pro zaměstnance „další starostí“ vyplývající z používání ochranných pomůcek nebo zvýšeném dodržování technické kázně. [59]



Obr. 24 Typy prachů dle velikosti částic [70]

3.7.1 Analýza substitučních produktů

Při zpracovávání kovových materiálů se prach (hliník, hořčík, titan,...) rozptýluje do všech směrů ve výrobních halách, přičemž zasahuje všechny pracovníky v okolí. Mimo negativního vlivu prachových částic na zdraví zaměstnanců, vzniká v mnohých případech i nebezpečí výbuchu při vyšších koncentracích. Proto je velmi důležité toto nebezpečí co nejvíce minimalizovat pomocí vhodného odsávacího a filtračního zařízení. [52] [60]

3.7.1.1 Popis produktu

Nejčastěji bývá využíváno kazetových, rukávcových či kapsových tzv. bag filtrů.

Největší světový výrobce Donaldson nabízí pro tyto prostory mikroporézní ePTFE membránu, která zajišťuje zachyt velmi malých částic, aniž by omezovala proudění vzduchu. Tyto filtrační média jsou nejčastěji polyesterová, aramidová či z vysoce odolných skleněných vláken. [29]

Jako další filtrační média pro kovozpracující průmysl se využívá kazetových filtrů. Materiálem bývá polyester, celulóza či uhlíková vlákna, využívající se pro zachyt škodlivých plynů. Filtrační plocha se v těchto případech pohybuje od 30 – 740 m². Tedy

velikost používaných filtrů je od 1150 x 1120 x 1050 mm do 3600 x 2095 x 4195 mm (š x h x v). [61]

Nanovláknennou technologii v této aplikaci využívá jen minimum společností. Pokud opomineme světovou jedničku Donaldson, další společností, která využívá této technologie je Miller. Tato technologie má za následek vyšší účinnost filtru, jeho snadnější čištění, díky tomu prodloužení jeho životnosti a snížení tlakového spádu a tím snížení nákladů za energii.

3.7.2 Analýza trhu

3.7.2.1 Struktura trhu

Vstup nových konkurentů do tohoto segmentu není tak častý. Většina firem, které se zabývají vzduchotechnikou do kovozpracujícího průmyslu, neobstarávají jen tento segment. Proto se na tomto trhu vyskytují především stálé společnosti s určitým zázemím a kvalitou.

3.7.2.2 Vývoj trhu

Filtry používané v kovozpracujícím průmyslu nejsou masovými produkty. Z velké části i proto se tento trh nachází ve fázi stagnace. Do budoucna se nepředpokládá jeho výrazný růst. Průzkumem firem, vyrábějící tyto produkty bylo zjištěno, že filtry pro kovozpracující průmysl tvoří u většiny firem jeden z menších segmentů, na které se zaměřují.

3.7.2.3 Potenciální zákazníci

Vzduchotechnikou v kovozpracujícím průmyslu se zabývá velké množství firem. Tento segment je však jednou z mnoha činností, na které se specializují. Mezi takové firmy patří:

Donaldson

Envirotech

Ametic Group, Miller, Tamož, Filkom aj.

3.7.2.4 Distribuční kanály

Jako u většiny aplikací i zde jsou filtry nejčastěji distribuovány od výrobce přes firmy, které se zabývají výrobou vzduchotechnických a filtračních zařízení či jejich servisem. Některé z nich si filtrační média vyrábí sami speciálně pro svá zařízení.

Distribuční kanály jsou tedy následovné:

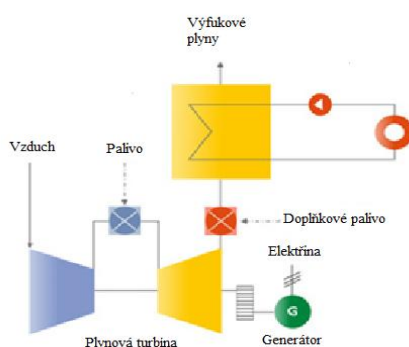
Výrobce filtru a zároveň filtračních zařízení – průmyslový uživatel

Výrobce filtru – výrobce filtračního zařízení – průmyslový uživatel

3.8 Plynové turbíny

Plynová turbína je tepelný stroj, který mění tepelnou energii plynů na mechanickou práci. Pracovní látkou jsou ohřáté plyny nebo spaliny, vznikající v jiných strojích, přivedené do plynové turbíny. Plyny při průchodu turbínou odevzdají jejím lopatkám svou kinetickou energii. [67]

Schéma turbíny je vidět na obr. 25



Obr. 25 Schéma plynové turbíny

Podle způsobu přívodu pracovních plynů se turbíny rozdělují na:

- **izobarické** nebo *rovnotlakové*, jestliže pracovní plyn do turbíny vstupuje při přibližně konstantním tlaku. Zjednodušený teoretický model popisuje Erikson-Braytonův cyklus
- **izochorické** nebo *rovnoobjemové, impulsové*, jestliže pracovní plyn do turbíny vstupuje v nárazových dávkách. Zjednodušený teoretický model popisuje Humpreyův cyklus.

Konstrukce

Podle směru proudění plynů v turbíně se turbíny rozlišují na:

- **axiální** – plyny proudí přibližně rovnoběžně s osou otáčení turbíny
- **radiální** – plyny proudí kolmo na osu turbíny

Při spojení více turbín za sebou hovoříme o vícestupňových turbínách.

Vlastnosti plynových turbín

Vlastnosti jsou podobné vlastnostem spalovacích turbín. Mají následující **výhody**:

- vysoká pravidelnost chodu a malá nevyváženost
- nízká výkonová hmotnost
- lepší průběh točivého momentu z hlediska trakčních požadavků
- schopnost zpracovávat nízké teplotní a tlakové spády, často jinak nevyužitelné,

ale i **nevýhody**:

- nízká účinnost z důvodu nízkých teplotních spádů – 700 °C, krátkodobě 1400 °C
- malé akcelerační schopnosti
- vysoké tepelné namáhání lopatek a z toho vyplývající nízká životnost
- vyšší hlučnost

Využití plynových turbín

Turbodmychadlo

Typickým příkladem plynové turbíny pro malé výkony je turbína turbodmychadla spalovacího motoru, která využívá energii jeho výfukových plynů, např. u sportovních automobilových motorů.

Parní turbína

Parní turbína je typickým příkladem plynové turbíny pro velké výkony. Používá se jako pohon generátorů v tepelných a jaderných elektrárnách. Pracovním plynem je přehřátá vodní pára, jejíž ohřev zabezpečuje spalování paliv nebo průběh jaderné reakce.

Plynové turbíny do ovzduší vylučují mnoho nežádoucích látek. Mezi primární emise patří oxidy dusíku (NO), oxidy uhlíku (CO), oxidy síry (SO) a jiné nestálé organické sloučeniny. Je proto velmi důležité používat co nejefektivnější filtrační média pro jejich záchyt. [62]

3.8.1 Analýza substitučních produktů

Plynové turbíny jsou dnes hlavním zdrojem energie a vysoce výkonná filtrace je důležitá pro účinný běh turbín. [63]

Většina plynových turbín využívá před-filtrace a poté výkonný, tzv. „primární filtr“, který zajišťuje odstranění nejmenších nežádoucích částeczek ze vzduchu.

3.8.1.1 Popis produktu

Před-filtry mají za úkol prodloužit životnost primárního filtru tím, že zachytí větší částice. Jsou navrženy tak, aby se měnily častěji než primární filtry a po zanesení se rovnou vyhodily. Jejich čištění tedy není doporučováno. Jsou vyráběné nejčastěji z polyesterových vláken.

Největší světový výrobce filtrů Donaldson využívá pro filtraci plynových turbín svá speciální média. Jedná se buď o čistě syntetický materiál či Duratek™ (speciální směs syntetických a přírodních vláken patentovaná firmou Donaldson). Duratek™ je navržen tak, aby plně odolával vlhkosti a olejům. Obě tyto filtrační média se využívají jako tzv. podklad pro Spider-Web® - nanovláknennou vrstvu. Jedná se o unikátní technologii, která zachytí i velmi jemné částčky ještě před tím, než se dostanou k samotnému substrátu filtru. Minimalizuje tedy počet částic, které pronikají do hloubky filtru a snižují tím jeho životnost. Spider-Web® je vytvořen z vláken tak jemných, že nebrání proudění vzduchu, ale zároveň jsou silná, aby zachytily nežádoucí částice. To je důležité pro většinu turbín, protože částice menší než 5μm jsou právě ty, které zanáší kompresorovou lopatku.

Jako nejúčinnější pro plynové turbíny firma Donaldson uvádí syntetický substrát s nanovláknennou vrstvou Spider-Web®. Udržuje nízký tlakový spád po celou dobu životnosti filtru, která je 2-4 roky v závislosti na znečištění prostředí. Výsledkem je lepší ochrana turbíny a celkové nižší provozní náklady.

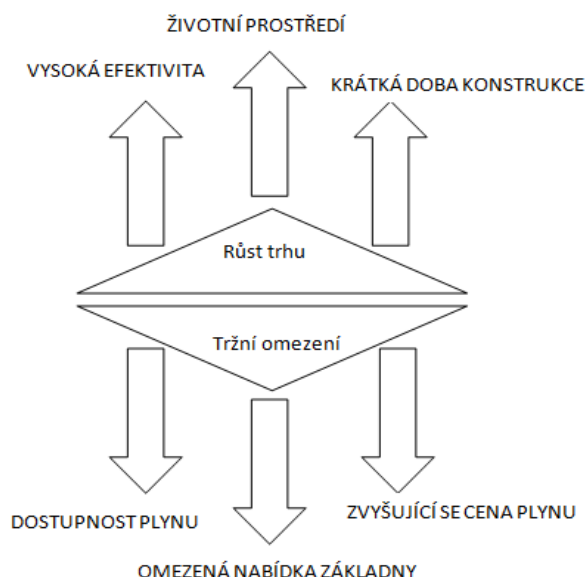
Vzduch procházející vrstvou Spider-Web nemá žádný vliv na zvýšení tlakového spádu. V tradičních filtračních médiích se prachové částice ukotví v hloubce filtru v pórech mezi vlákny. Toto zanášení způsobuje vysoký nárůst tlakového spádu a tím snižuje životnost filtru a zvyšuje jeho provozní náklady. [29]

Každá společnost se snaží odlišovat od ostatních, a proto využívá různá filtrační média. Firma AAF International např. využívá pro turbínové filtry vysoce odolných skleněných vláken. [64]

Průzkumem produktů na trhu bylo zjištěno, že se filtry nejčastěji dodávají ve válcovém tvaru o délce 22 '' - 36'' a o průměru 213 – 324 mm. Vyrábějí se však i v individuálních rozměrech dle konkrétních požadavků. [29]

3.8.2 Analýza trhu

Jako každý segment trhu i tento se potýká s určitými prvky, který trh omezují a naopak které ovlivňují jeho růst. Viz obr. 26.



Obr. 26 Ovlivňující prvky trhu [71]

3.8.2.1 Struktura trhu

Trh plynových turbín ovládají desítky výrobců, panuje mezi nimi tedy převážně dokonalá konkurence. Cena je tedy do jisté míry dána trhem. Uspěť na takovémto trhu je velmi obtížné, a proto noví konkurenti na trh vstupují jen výjimečně. Jsou to většinou společnosti zabývající se výrobou podobných strojních zařízení a zkoušející uspět i na tomto segmentu trhu.

3.8.2.2 Vývoj trhu

Dle Davida J. Franuse, analytika pro napájecí sítě by trh plynových turbín měl dosáhnout v letech 2005-2014 výnosů 118,4 miliard dolarů s produkcí 7550 strojů. Vrchol produkce předpovídá v letech 2010-2011. V té době by se vedoucími výrobci na trhu měli stát GE Energy, Kawasaki Heavy Industries a Siemens.

Plynové turbíny o výkonu 1MW a více dosáhli navýšení z 800 strojů v letech 1986-87 na 875 strojů v letech 1998-99. Trend růstu pokračoval až do r. 1999-2000, kdy na trhu bylo objednáno 1200 strojů. Mírný pokles trh zaznamenal v letech 2002-2003 na 840 a 600 strojů parních turbín.

Dále David J. Franus uvádí, že stroje o výkonu 125 MW a více by měly znamenat více než 30% z kusové výroby a přes 70% z hodnoty výrobků. [65]

3.8.2.3 Potenciální zákazníci

Předními výrobci plynových turbín jsou: Siemens Power Generation, General Electric Energy, Dresser-Rand S.A., Hitachi Ltd., Power&Industrial Systems, Ingersoll-Rand Energy Systems, Kawasaki Heavy Industries, Opra Technologies ASA, Pratt&Whitney, Rolls-Royce Power Engineering Plc., Solar Turbines Inc., Yanmar Co. Ltd., a Turbomach S.A. [66]

Jak již bylo uvedeno, mezi přední výrobce filtrů pro plynové turbíny patří Donaldson. Dalšími významnými výrobci jsou: Norman filter company L.L.C., Camfil Farr, Mikropor, Aif filter, Braden, Polymerpapers, AAF, Kanwal Enterprises aj.

3.8.2.4 Distribuční kanály

Distributory filtrů pro plynové turbíny bývají nejčastěji firmy, zajišťující jejich servis. Tyto firmy většinou nakupují zboží světových výrobců a pod jejich značkou je poté prodávají a instalují.

VÝROBCE – DISTRIBUTOR – ELEKTRÁRNA

4. ZHODNOCENÍ ANALÝZY TRHU PRŮMYSLOVÉ FILTRACE

Tato kapitola názorně uvádí důležité poznatky, které byly získány předchozími analýzami jednotlivých průmyslových trhů vzduchové filtrace. Důležité parametry uvádí tab. 8. Na základě těchto informací, byl jako výsledný segment vyhodnocen „Clean rooms“. Analýzou trhu bylo zjištěno, že právě v tomto segmentu je přínos nanovláken nejvyšší (je zapotřebí odstranit ze vzduchu nejen prach, ale i ty nejmenší částičky, které se ve vzduchu vyskytují). Tento segment má také vysokou přidanou hodnotu, nízkou citlivost ceny a střední význam tlakového spádu. Analýzou byl také vyhodnocen, jako segment, který zaznamenává růst na trhu a to je velký přínos pro jakékoliv inovace v tomto odvětví.

	Velikost filtrovaných částic	Důležitost nízkého tlakového spádu	Materiál filtru	Filtrační plocha [m ²]	Životnost filtru	Potenciální přínos nanovláken	Cenová citlivost	Struktura trhu	Růst/stagnace/pokles trhu
Klimatizace	řádově μm	Střední	Syntetická a skleněná vlákna	cca 5	Několik měsíců ¹	Střední	Velmi citlivé	Dokonalá konkurence	Růst
Sběrače prachu	1-100 μm	Vysoká	Syntetická: POP, PES, Nylon, PTFE ²	± 12	36-60 měsíců	Střední	Citlivé	Dokonalá konkurence	Růst
Čisté prostory	0,3–0,12 μm	Střední	PUR, ePTFE, skleněná mikrovlákná	± 24	5-7let, předfiltr 6-18mės.	Vysoký	Málo citlivé	Dokonalá konkurence	Růst
Lakovny	4-10 μm	Střední	Papír +PES, PES, skleněná vlákna, aktivní uhlí	3 - 8	x měsíců ¹	Vysoký	Citlivé	Dokonalá konkurence	Stagnace
Dřevozprac. průmysl	5-20 μm	Střední	Bavlna, PES, aktivní uhlí	desítky	Až několik let	Střední	Citlivé	Nedokonalá konkurence	Mírný růst
Plynové turbíny	řádově μm	Vysoká	Syntetická vlákna, Duratek™ ³ , vysoce odolná skleněná vlákna	± 10	2-4roky ⁴	Vysoký	Málo citlivé	Dokonalá konkurence	Mírný růst
Kovozpracovatelský průmysl	100-5000 μm	vysoká	PES, aramidová, skleněná, celulósová a uhlíková vlákna	± 12	x měsíců ¹	střední	Citlivé	Nedokonalá konkurence	Stagnace

Tab. 8 Důležité parametry získané analýzou trhů

¹ závisí na charakteru okolního prostředí

² PTFE, ePTFE - polytetrafluoroethylene

³ Duratek™ - speciální směs syntetických a přírodních vláken firmy Donaldson

⁴ Doba uvedená u filtru již s použitím nanovláknenné vrstvy

5. TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole bude provedeno technologicko-ekonomické zhodnocení inovovaných filtrů s nanovláknem pro aplikaci „Clean rooms“. Součástí ekonomického zhodnocení bude výpočet nákladů NV vrstvy na jeden konkrétní filtr a zhodnocení, zda se filtr s NV vrstvou ekonomicky vyplatí oproti dnes běžně používaným filtračním médiím. Dále zde bude popsána dostupná technologie a zařízení k výrobě nanovláknenné vrstvy, jejich zhodnocení a na závěr výběr nejvhodnějšího zařízení pro konkrétní aplikaci této diplomové práce – tedy Clean rooms.

Pro výpočet konkrétní nanovláknenné vrstvy byl použit HEPA a Ulpa filtr firmy KSklimaservice. Jednotlivé filtry se liší především třídou filtrace – konkrétní hepa filtr (ozn. AS-H14) se řadí do filtrační třídy H14, Ulpa filtr (AS-U16) se řadí do filtrační třídy U16. Rozdíl mezi nimi jsou tedy 2 filtrační třídy. Dále se liší také cenou, filtr U16 je dražší řádově o cca 1300 korun.

Základní myšlenka pro výpočet tkvěla v tom, že na filtr o nižší účinnosti (AS-H14) nanese nanovláknennou vrstvu, díky které se filtr dostane na účinnost o dvě třídy vyšší (U16), ale s podstatně nižším tlakovým spádem, než základní filtr o stejné účinnosti (AS-U16). Tedy s mnohem nižšími náklady na energii a dalšími výhodami, které nanovlákn přináší.

Výpočet:

Pro konkrétní nanovláknennou vrstvu je nejvhodnější polymer PA6, nanovláknenná vrstva bude nanesena o hmotnosti 0.07 g/m^2 . Cena této konkrétní nanovláknenné vrstvy byla firmou Elmarco, s.r.o. vyčíslena na 0.15 USD/m^2 (cena je již včetně všech provozních nákladů). Po převodu - 2.88 korun/m^2 (použit kurz z 1. 5. 2010 $\text{USD} = 19.21 \text{ korun}$). Při filtrační ploše filtru 24 m^2 , se dostáváme na cenu 69.12 korun za nanovláknennou vrstvu na 1 filtr.

Díky nanovláknenné vrstvě získáme „nový filtr“, který bude mít účinnost třídy U16, ale tlakový spád se sníží o celých 20 pascalů, než filtr původní, se stejnou účinností. I cena filtru se výrazně sníží, a to cca o 1168 korun.

Firma Camfil Farr uvádí, že výběrem správného filtru s vysokou efektivitou a nejnižším tlakovým spádem je možné dosáhnout významných úspor na energii při udržení vysoké čistoty ovzduší. Odhaduje, že pro běžné zatížení filtru (12h denně/rok), jeden dodatečný Pascal v poklesu tlaku přes filtr přidává 1 EURO na náklady elektrické energie. Některé filtry mohou dosáhnout až 50 Pa ve srovnání s lepšími filtry. To pak přidá až 50 Eur na energii za rok!!! Z dlouhodobé perspektivy je tedy evidentní, že spotřeba energie je významnější než celková cena filtru. [39]

Jako příklad firma uvádí test dvou podobných filtrů, ale s jiným tlakovým spádem viz tab. 9.

příklad

	Příklad 1	Příklad 2
Počáteční pokles tlaku (Pa)	105	125
Průměrný pokles tlaku (Pa)	160	194
Energie	105	128
Celkové náklady	160 EURO (4092,8 korun)	183 EURO (4681,1 korun)

Tab. 9 Test dvou různých filtrů

V prvním příkladu, byl vybrán filtr F7 v typické instalaci v průmyslovém městě. Filtr běží 4,000 hodin během jednoho roku s vzdušným tokem $0.94 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ve druhém příkladu, se nahradil první filtr jiným, také z řady F7. Zatímco filtr má stejnou velikost a podobný materiál, výroba méně příznivého designu má za následek 20 Pa vyšší nárůst tlaku přes čistý filtr. Následkem toho je spotřeba energie velmi ovlivněna. Celkové náklady byly zvětšeny o 23 EUR ročně – za filtr!

Pokud tuto skutečnost převedeme na náš příklad, zjistíme, že filtr s nanovláknennou vrstvou, který má nižší tlakový spád o 20 Pa, je schopen ušetřit až 20 EUR za rok (511,6 korun). Pozn. Použit kurz z 1. 5. 2010 $\text{EUR}=25,58 \text{ korun}$. Celý výpočet je názorně uveden v tab. 10.

FILTR	AS-H14	AS-U16	AS-H14 + nanovláknenná vrstva
Tlaková ztráta [Pa]	120	190	170
Filtrační plocha [m ²]	24	24	24
Účinnost [%]	cca 99,998	cca 99,99997	cca 99,99997
Cena (cca)	5211,-	6448,-	5280,- (5211+69,12 (cena NV))

Tab. 10 Porovnání parametrů filtrů

Celkové úspory, které filtr s nanovláknennou vrstvou přinese:

Úspory při nákupu filtru: 1168 korun ($6448 - 5280 = 1168$), což představuje úsporu 18% z ceny dnes běžně používaného filtru stejné filtrační třídy.

Úspory na energii: cca 511 korun ($1\text{Pa} = \text{úspora } 25,58 \text{ korun/rok}$, $20 \text{ Pa} = 511,6 \text{ korun/rok}$)

Z celého technologicko-ekonomického zhodnocení vyplývá, že filtry s nanovláknennou vrstvou přináší řadu výhod, nejen ve finančních úsporách.

U jednotlivých firem, které obstarávají tento trh, můžeme předpokládat, že jejich podíl na trhu činí jednotky procent. Pokud budeme předpokládat, že firma má cca 3% podílu na trhu, pak vyrobí 125 000 HEPA či ULPA filtrů ročně, což činí 3000 000 m² filtračního média.

Pokud by se předpokládalo, že firma povlákní za rok celou svou produkci, stačilo by firmě využívat stroj s 1 unitem. Stroj by byl maximálně využit, tedy bez velkých zbytečných prostojů (průměrná produkce NANOSPIDERUTM je 3 155 333 m²/rok-záleží na plošné hmotnosti nanovláknenné vrstvy a na průměru vláken). Tento předpoklad, je však málo pravděpodobný. Reálnější je, že firma by ze začátku zvláknila jen část ze své produkce. Na 30 % povláknění všech vyrobených filtrů se předpokládá, že by se dostala až za několik let. To by znamenalo 900 000 m² povlákněného filtračního média – to odpovídá cca 1/3 celkové produkce stroje s 1 unitem. Je tedy možné, aby firma pro plné využití stroje nabídla povláknění médií jiným společnostem.

TECHNOLOGIE NANOSPIDER

Technologie NanospiderTM je unikátní patentovaná technologie, která využívá zvlákňování z volné hladiny roztoku polymeru v elektrostatickém poli bez použití trysek. Technologie umožňuje výrobu nanovláken z různých druhů polymerů (vodorozpustných, ředitelných rozpouštědly, tavenin polymerů atd.) viz tab. 11. Je velmi flexibilní, umožňuje tedy přizpůsobení nanovlákně vrstvy konkrétním požadavkům na konečný produkt.

Vlastnosti technologie NanospiderTM:

- vysoká výrobní kapacita a rozšiřitelnost
- vysoká rovnoměrnost průměru vláken a vlákně vrstvy
- hospodárny provoz a snadná údržba
- flexibilita v používání nejrůznějších polymerů a podkladových materiálů

ORGANICKÉ	ANORGANICKÉ	KOVY	BIOPOLYMERY
PA6	TiO ₂	Pt	Gelatine
PA6/12	SiO ₂	Cu	Chitosan
PAI (Polyamidimide)	Al ₂ O ₃	Mn	Collagen
PAA (Polyaramide)	ZnO	-	Cellulose
PUR (Polyurethane)	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	-	PLA (Polylactic acid)
PES (Polyethersulfone)	ZrO ₂	-	PCL (Polycaprolactam)
PVA (Polyvinylalkohol)	-	-	-
PS (Polystyrene)	-	-	-

Tab. 11 Nejčastější materiály pro výrobu nanovlákněných vrstev

ZAŘÍZENÍ NANOSPIDER™

Všechny druhy zařízení pracují na principu zvlákňování z volné hladiny a jsou konstruována pro výrobu nanovláken z různých druhů polymerů.

Řada NS Lab je konstruována pro výzkum a vývoj nanovláknenného materiálu, s různými způsoby rozpouštění polymeru. Porovnání technických parametrů linek řady NS Lab ukazuje tabulka 12.

	NS Lab 200	NS Lab 500	NS M Lab
Počet aktivních elektrod	1	1	1
Délka zvlákňovací elektrody	200	500	200
Max. šířka podkladového materiálu	400	600	500
Produktivita	cca 0,2g/min	cca 0,5g/min	max. 1g/min
Čas zpracování jedné dávky	20 min	20 min	20 min
Doba výměny elektrod	2 min	2 min	-
Doba nastavení	5 min	5 min	20 min
Doba čištění	15 min	15 min	-
Externí ventilace	150 m ³ /hod	150 m ³ /hod	150 m ³ /hod

Tab. 12 Technické parametry řady NS Lab

Řada NS Pilot Lines umožňuje výrobu nanovláken v poloprůmyslovém měřítku. Je tedy ideální pro pokročilý výzkum a vývoj, zavádění nových produktů, rozjezd průmyslové výroby či výrobu v malých či středních sériích. Je výborným doplňkem pro ostatní zařízení Nanospider™. Technické parametry, pro porovnání s ostatními linkami jsou vidět v tab. 13.

	Označení linky: NS3A1000U
Počet elektrod	3
Možnost provozu každé zvlákň.trysky zvlášť	Ano
Délka zvlákňovací elektrody	1000 mm
Šířka nanovl. vrstvy	200 – 1000 mm
Odtah výfukových plynů	3000 m ³ /hod
Možnost přidání roztoku polymeru během procesu	ano
Provozní personál	1
Rychlost podklad. Materiálu	0,2 – 5 m/min
Produktivita	max. 3 g/min
Nejvhodnější pracovní teplota	18 °C – 40 °C
Nejvhodnější pracovní vlhkost	10 – 50 %
Provozeroschopnost	>89 %
Doba spouštění	30 min
Pravidelná údržba	15 h/měs

Tab. 13 Technické parametry linky NS Pilot Lines

Řada NS Organic Production Lines (NS1600U) je jediným zařízením vhodným pro velkokapacitní průmyslovou výrobu nanovláknenných materiálů. Je využitelná, jako zvlákňovací jednotka stavebnicového typu, obsahující 4 zvlákňovací elektrody o šířce 1,6 m. Lze kombinovat až 4 unity v jedné lince, přičemž se dosáhne produktivity až 50 mil m²/rok (záleží na průměru nanovláken a na plošné hmotnosti nanovláknenné vrstvy). Dle druhu polymeru, se jako i u jiných typů linek, průměr vláken pohybuje od 80 nm – 700 nm. Výrobce uvádí odchylku ± 30 %. Technické parametry linky jsou uvedeny v tab. 14.

	NS1600U
Cena linky (řádově)	21,5 milionu vč. periférií
Počet elektrod v 1 unitu	4
Maximální počet unitů v lince	4
Délka zvlákňovací elektrody	1600 mm
Šířka nanovláknenné vrstvy	1600 mm
Maximální šířka podkladového materiálu	1700 mm
Odtah výfukových plynů	800 m ³ /hod
Možnost přidání roztoku polymeru během procesu	Ano
Provozní personál	1
Nejvhodnější pracovní teplota	18 °C – 40 °C
Nejvhodnější pracovní vlhkost	10 – 50 %
Doba spuštění	30 min.
Pravidelná údržba	2h/5 cyklů, za cca 16 hod.

Tab. 14 Technické parametry linka NS Organic Production Lines

Po konzultaci s odborníky firmy Elmarco, byl jako nejlepší pro aplikaci Clean rooms vybrán polymer PA6 a zařízení řady NS Organic Production Lines (NS1600U). Produktivita zařízení závisí na druhu polymeru, podkladovém materiálu a průměru vlákna. Pro vybraný polymer PA6, a průměr vlákna 150 nm je produktivita uvedena v tab. 15.

PA6 (150nm průměr vlákna)	0,03 g/m ²	0,1 g/m ²	5,0 g/m ²
1 unit	6.600.000 m ²	2.800.000 m ²	66.000 m ²
2 unity	13.200.000 m ²	5.500.000 m ²	130.000 m ²
4 unity	26.000.000 m ²	11.000.000 m ²	260.000 m ²

Tab. 15 Produktivita NS Organic Production Lines (při použití PA6)

Pro odhad velikosti trhu byl zvolen americký a evropský trh. Tyto trhy se lépe analyzují a odhadují, než trhy východních zemí. Představují dohromady asi 100 mil. m²

HEPA a ULPA filtrů. Když předpokládáme, že 1 filtr má 24 m^2 , na těchto dvou trzích se vyrobí 4 166 667 filtrů ročně.

[68] [72]

6. DISKUZE VÝSLEDKŮ

Nanovlákněná vrstva, která byla použita pro výpočet této diplomové práce měla $0,07 \text{ gsm}$ a její hodnota byla vyčíslena na $19,21 \text{ korun/m}^2$. Při ploše filtru 24 m^2 se cena povláknnění jednoho filtru dostala na $69,12 \text{ korun}$.

Díky této nanovlákněné vrstvě je možné vyrobit filtr, který bude mít nižší pořizovací cenu o celých 1168 korun, což představuje snížení ceny o 18%. Tlakový spád se díky povláknnění sníží až o 20 Pa , oproti filtru stejné filtrační účinnosti, ale bez nanovlákněné vrstvy. Toto snížení přinese úspory na energii celých 511 korun za rok/1 filtr.

Pro předpoklad, že má firma 5% podílu na trhu, pak vyrobí 125 000 HEPA či ULPA filtrů ročně, což činí $3000\,000 \text{ m}^2$ filtračního média. Pokud uvažujeme, že firma povlání za rok celou svou produkci, stačilo by firmě využívat stroj s 1 unitem, který má průměrnou produkci $3\,155\,333 \text{ m}^2/\text{rok}$. V tomto případě, by stroj byl využíván s minimálním množstvím prostojů.

7. PŘÍLEŽITOSTI A PŘEKÁŽKY ZAVEDENÍ INOVATIVNÍHO PRODUKTU NA TRH

Každý produkt, který přichází na trh, se potýká s určitými příležitostmi a překážkami. Tedy ani inovované filtry pro clean rooms nejsou výjimkou. Na první pohled by se mohlo zdát, že pokud se budou filtry vyrábět s nanovláknennou vrstvou, získají jen samé výhody. Pokud se však na tento produkt bude pohlížet podrobněji, jistě bude zjištěna celá řada překážek, díky kterým bude zavedení produktu na trh komplikovanější.

Hlavní překážkou je strach výrobních společností z prvotních velkých investic na nákup strojního zařízení NanospiderTM. Nikdy není 100% jisté, že se investice vrátí. Menší společnosti si většinou takové investice nemohou ani dovolit. Další překážkou je nedostačující odbornost personálu a tím neschopnost maximalizovat výhody využívání nanovláken ve filtrech v dané aplikaci. Jako další překážka se také může jevit nedůvěřivost uživatelů vůči laboratorním testům. Toto ve velké míře záleží na schopnosti obchodních partnerů, zda dokážou představit výhody filtrů s nanovláknem, jako tu nejlepší možnou variantu pro čisté prostory.

Mezi příležitostmi, které zjednoduší vstup inovativního produktu na trh, patří výhody, které tato inovativnost filtru přináší. Je to např. lepší čištění filtru – tím delší životnost, nižší tlakový spád – tím maximální úspora energie atd. viz kapitola nanovláknena ve filtrech. Srovnání příležitostí a překážek názorně ukazuje tab. 16.

PŘÍLEŽITOSTI	PŘEKÁŽKY
Inovativnost – vylepšení stávajícího produktu	Velké počáteční investice
Nižší náklady na energii	Nedostatečná odbornost personálu
Nižší náklady na likvidaci filtrů	Nedůvěřivost uživatelů

Tab. 16 Příležitosti a překážky zavedení produktu na trh

7.1 Odhad časového horizontu pro zavedení inovativního produktu na trh

Společnost Elmarco, s.r.o. byla založena v roce 2000 jako výrobce plastů pro polovodičový průmysl. V roce 2004 začala spolupracovat s Technickou Univerzitou v Liberci a podílet se na vývoji zařízení pro výrobu nanovláken. O rok později už

odhaluje první linku Nanospider™ pro výrobu nanovláken s využitím rozpouštědly ředitelných polymerů. V roce 2006 firma již prodala svou první linku Nanospider™ pro průmyslové využití. Od té doby firma stále pracuje na vývoji a zdokonalování linky, aby vyhovovala konkrétním potřebám zákazníků. Spolupracuje s celou řadou výzkumníků, aby poukázala na výhody nanovláken v konkrétních aplikacích. Společnost také organizuje různé konference či přednášky, např. “NANO FOR THE 3rd MILLENIUM – NANO FOR LIFE™”, a tím se snaží dostat výhody nanovláken do podvědomí co největšího počtu průmyslových výrobců a uživatelů. [68]

Technologie nanovláknenné vrstvy v HEPA a ULPA filtrech je již využívána, ale v minimální míře. Ve svých produktech ji nabízí jen pár světových výrobců. Vývoj technologie pro tuto aplikaci tedy není neznámou, ale stále se pracuje na jejím zdokonalování. Odběratelé mohou využít možnosti zakoupení celé výrobní linky Nanospider™. Dále už pak záleží na konkrétních výrobcích, jak rychle jsou schopni takto inovovaný produkt zařadit do své nabídky. Řádově se může zavedení produktu na trh odhadovat v měsících, max. půl roku. Nejvíce času v tomto případě zabírá testování, optimalizace produktu a certifikace. Pokud by firma filtr s nanovláknem uvedla jako zcela nový produkt, musela by zajistit marketing produktu, zákazníky, kteří by nový produkt koupili atd. To vše by firmu stálo nejen čas, ale i další vynaložené finance. Zisk by však byl z nového produktu jistě vyšší. Doba uvedení produktu na trh by se tedy prodloužila cca o několik měsíců. Pokud by však firma jen modifikovala stávající produkty (HEPA filtry), pak by mohla ihned povláknovat 100% své produkce, bez další podpory prodeje produktu, marketingu atd. [72]

Legislativa v tomto segmentu nijak nebrání vstupu inovativního produktu na trh. Na tento produkt se nevztahují žádné přísné legislativní požadavky, které by mohly komplikovat cestu produktu k uživatelům. [72]

ZÁVĚR

Úkolem předložené práce bylo zanalyzovat průmyslový trh vzduchové filtrace a charakterizovat inovativnost vzduchových filtrů pomocí nanovlákných vrstev. Na základě analýzy poté určit, který segment má ve využívání nanovláken největší potenciál. Posledním úkolem této diplomové práce bylo zpracovat technologicko-ekonomické zhodnocení, vztahující se na segment s největším potenciálem, a zvážit příležitosti a hrozby při zavádění inovovaného produktu na trh.

Výsledky práce lze shrnout do následujících bodů:

1. Bylo zjištěno, že nanovlákné vrstvy výrazně přispívají ke zvýšení účinnosti filtrace, zvýšení životnosti filtru a ke snížení tlakového spádu.
2. Z analýzy trhu vyplynulo, že filtry s nanovláknem jsou využívány v minimální míře, a proto má jejich uplatnění na trhu vysoký potenciál.
3. Na základě poznatků, získaných analýzou různých segmentů trhu, byl vybrán jako výsledný segment „Clean rooms“. Rozhodujícími kritérii byla střední důležitost tlakového spádu, potřeba nejvyšší účinnosti filtrů, cenová citlivost a růst daného segmentu trhu.
4. Zpracováním technologicko-ekonomického zhodnocení byla vyčíslena cena nanovlákné vrstvy na jeden filtr (69,12 korun) a vybrána jako nejvhodnější linka, pro průmyslové povlákňování NS Organic Production Lines s průměrnou produktivitou 3 155 333 m²/rok, což představuje 3% celkové tržní produkce HEPA a ULPA filtrů na americkém a evropském trhu. Dále bylo zjištěno, že lze díky nanovlákné vrstvě snížit cenu filtru až o 18 % a tlakový spád řádově o desítky pascalů.
5. Z poslední části diplomové práce je zřejmé, že největší překážkou, při zavádění inovativního produktu na trh budou počáteční investice výrobců na linku NanospiderTM.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Filtrace In *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 12. 8. 2006, 10. 4. 2010 [cit. 2009-10-22]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Filtrace>>.
- [2] *KNT department of nonwovens* [online]. 10/02/2008 [cit. 2009-10-22]. Přednáška filtration 1. Dostupné z WWW: <http://www.ft.vslib.cz/depart/knt/web/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&dir=DESC&order=name&Itemid=53&limit=5&limitstart=5>.
- [3] *KS Klima-Service a.s.* [online]. c2002-2010 [cit. 2009-10-29]. Filtrační média. Dostupné z WWW: <<http://www.ksklimaservice.cz/cz/filtracni-media>>.
- [4] *VUTS* [online]. 2007-07-18 [cit. 2010-04-22]. Výzkumný ústav textilních strojů a.s. Dostupné z WWW: <www.vuts.cz/cze/novinky/boboty.ppt>.
- [5] *United Air Specialists* [online]. c1998-2009 [cit. 2009-11-02]. Nový rozměr filtrační techniky. Dostupné z WWW: <http://www.uas-inc.de/cs/filter/staubfilter_filtertypen.htm>.
- [6] *Hobby stránky* [online]. c2008-2010 [cit. 2009-11-02]. Nanovlákná – Materiál 3. tisíciletí. Dostupné z WWW: <<http://hobbystranky.cz/zajimavosti/nanovlakna-material-3-tisicileti>>.
- [7] *Elmarco Nano for life* [online]. c2002-2009 [cit. 2009-11-02]. Nanospider. Dostupné z WWW: <<http://elmarco.flython.glow.cz/nano/nanospider>>.
- [8] *Generátor koloidního stříbra* [online]. c2003 [cit. 2009-12-15]. Eshop.Apoteka. Dostupné z WWW: <http://eshop.apoteka.cz/product_info.php?products_id=4374&osCsid=eb8aa4d8f2256afb516d7b7111d5db10>.
- [9] *Klimatizace* In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 26. 4. 2007, 19. 3. 2010 [cit. 2009-12-28]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Klimatizace>>.
- [10] *Klima Gregor* [online]. 2008 [cit. 2009-12-28]. Co umí klimatizace. Dostupné z WWW: <<http://www.klimatizace-gregor.cz/klimatizace/co-umi-klimatizace/>>.
- [11] *Klima Gregor* [online]. 2008 [cit. 2009-12-28]. Čištění vzduchu - klimatizace LG. Dostupné z WWW: <<http://www.klimatizace-gregor.cz/klimatizace/cisteni-vzduchu-klimatizace-lg/>>.

- [12] Formaldehyd In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 27. 1. 2006, 16. 4. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>>.
- [13] *American Filtration* [online]. 1992 [cit. 2010-01-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.aafilters.com/>>.
- [14] *Klimatizace-chlazení-Wenzel* [online]. 2000 [cit. 2010-01-14]. Ceník údržba, opravy, servis klimatizace a vzduchotechnika. Dostupné z WWW: <<http://www.klimatizace-wenzel.cz/oprava-servis-udrzba.html>>.
- [15] *How to do things* [online]. c2009 [cit. 2010-01-16]. How To Replace Air Conditioner Filters. Dostupné z WWW: <<http://www.howtodothings.com/home-and-garden/a4016-how-to-replace-an-air-conditioning-filter.html>>.
- [16] *IB filtr* [online]. [cit. 2010-01-22]. Dostupné z WWW: <<http://www.ibfiltr.cz/>>.
- [17] *Moje klima* [online]. ddd [cit. 2010-01-22]. Náhradní filtry a příslušenství. Dostupné z WWW: <<http://www.mojeklima.cz/nahradni-filtry.php>>.
- [18] ISHIDA, Wasaku . *Appliance Magazine* [online]. September 2007 [cit. 2010-01-22]. Overview of the World Air-Conditioning Market. Dostupné z WWW: <<http://www.appliancemagazine.com/editorial.php?article=1812&zone=1&first=1>>.
- [19] *BSRIA* [online]. June 2008 [cit. 2010-01-28]. Review of the World Air Conditioning Market 2007. Dostupné z WWW: <<http://www.bsria.co.uk/news/1997/>>.
- [20] *Haier Global* [online]. 2006 [cit. 2010-02-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.haier.com/index.htm>>.
- [21] *Midea* [online]. 2008 [cit. 2010-01-28]. Dostupné z WWW: <<http://global.midea.com.cn/midea/index.do>>.
- [22] *Gree* [online]. ddd [cit. 2010-02-08]. Dostupné z WWW: <http://www.gree.com.cn/gree_english/>.
- [23] HOŠEK, Jiří. *Zdraví-cz* [online]. c2008 [cit. 2010-02-16]. Dýchat znamená žít. Dostupné z WWW: <<http://compex.zdravi-cz.eu/dychat-znamena-zit.php>>.
- [24] Kolektiv autorů. *Analýza rizik při práci*. Praha: SZÚ, 2001.
- [25] HOLLEROVÁ, Ing. *Centrum pracovního lékařství* [online]. 14.11.2007 [cit. 2010-02-18]. Prašnost na pracovišti. Dostupné z WWW: <<http://www1.szu.cz/chpnp/?page=prasnost>>.
- [26] *EDBUSY* [online]. c2006 [cit. 2010-02-21]. Hledáte zaměstnání? Dostupné z WWW: <<http://www.edbusy.euweb.cz/job.php>>.
- [27] ČSN EN 481. *Ovzduší na pracovišti. Vymezení velikostních frakcí pro měření poletavého prachu*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.10.1994. 16 s.

- [28] ČSN EN 1540. *Ovzduší na pracovišti - Terminologie*. [s.l.] : [s.n.], 1.9.1999. 20 s.
- [29] *Donaldson Company, Inc.* [online]. c2002-2008 [cit. 2010-02-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.emea.donaldson.com/en/index.html>>.
- [30] *Quality Air Management* [online]. c1999-2010 [cit. 2010-02-26]. Baghouse Dust Collector. Dostupné z WWW: <http://qamange.com/products/baghouse_dust_collector.htm>.
- [31] *Čisté prostory* [online]. c2008 [cit. 2010-03-28]. BLOCK. Dostupné z WWW: <http://www.block.cz/documents/FORCLEAN_2010_cz_1263885263.pdf>.
- [32] *Klimatizace Zlín* [online]. c2008 [cit. 2010-03-19]. Klimatizace laboratoří. Dostupné z WWW: <<http://www.klimatizacezlin.cz/laborator.htm>>.
- [33] MCFADDEN, Roger. *COASTWIDE laboratories* [online]. 5.březen 2010 [cit. 2010-04-24]. A Basic Introduction to Clean Rooms. Dostupné z WWW: <<http://www.coastwidelabs.com/Technical%20Articles/Cleaning%20the%20Cleanroom.htm>>.
- [34] Cleanroom In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 23 July 2003, 3 April 2010 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Cleanroom>>.
- [35] *VŠCHT: Studijní materiály* [online]. c2009 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.vscht.cz/kot/resources/studijni-materialy/>>.
- [36] *Answers* [online]. c2010 [cit. 2010-03-18]. Clean room. Dostupné z WWW: <<http://www.answers.com/topic/clean-room>>.
- [37] VAX [online]. c2005 [cit. 2010-03-12]. HEPA filtr a jeho výhody. Dostupné z WWW: <<http://www.vax-brno.cz/hepa-filtr-jeho-vyhody-i-8.html>>.
- [38] HEPA In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 16. 7. 2007, 16. 7. 2007 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/HEPA>>.
- [39] *Camfil Farr* [online]. c2010 [cit. 2010-03-18]. Dostupné z WWW: <http://www.camfilfarr.com/cou_czech/>.
- [40] *KS Klima-Service a.s.* [online]. c2002-2010 [cit. 2010-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.ksklimaservice.cz/>>.
- [41] E-commerce In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 1. 11. 2008, 1. 11. 2008 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/E-commerce>>.
- [42] *Galatek* [online]. c2007 [cit. 2010-03-27]. Lakovací kabiny . Dostupné z WWW: <<http://www.galatek.cz/stranky3/sortiment/lakovaci-kabiny.htm>>.

- [43] *Kovofiniš* [online]. c1993-2010 [cit. 2010-03-27]. Lakovny a příslušenství. Dostupné z WWW: <<http://www.kovofinis.cz/soubory/27cz.pdf>>.
- [44] *EST Profesionální vybavení lakoven* [online]. c2003-2009 [cit. 2010-03-18]. Dostupné z WWW: <www.estplus.cz>.
- [45] *Šimek proficentrum s.r.o.* [online]. c2006 [cit. 2010-03-27]. Stříkací zařízení a lakovny. Dostupné z WWW: <<http://www.simek.eu/cz/katalog/index.asp?idCategory=79&pidCategory=0>>.
- [46] *Dayton Reliable Air Filter* [online]. 2009 [cit. 2010-03-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.reliablefilter.com/>>.
- [47] *Spray Shield* [online]. 2009 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.sprayshield.com>>.
- [48] *Spray Booth Supplies* [online]. c2005-2010 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<https://secure.sprayboothsupplies.com/>>.
- [49] *Air Filters* [online]. c2010 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.airfilterusa.com/>>.
- [50] *Veskom* [online]. c2007-2010 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://www.veskom.cz> >.
- [51] *České filtry* [online]. c2010 [cit. 2010-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskefiltry.cz>>.
- [52] *Envirotech* [online]. c2008 [cit. 2010-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.envirotech.sk/>>.
- [53] *Rezbárstvo* [online]. c2005-2006 [cit. 2010-03-18]. Zákerný prach. Dostupné z WWW: <http://www.rezbarstvo.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=119&Itemid=1>.
- [54] *The Musical Instrument Makers Forum* [online]. c1998 [cit. 2010-03-18]. Potentially Toxic Woods. Dostupné z WWW: <<http://www.mimf.com/archives/toxic.htm>>.
- [55] *Hennlich* [online]. c2008 [cit. 2010-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://www.hennlich.cz/>>.
- [56] *Metalurgie In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 28. 10. 2005, 23. 4. 2010 [cit. 2010-04-27]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Metalurgie>>.
- [57] *Obrábění* [online]. c2008 [cit. 2010-03-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.obrabeni.cz/>>.

- [58] *European Agency for Safety and Health at Work* [online]. c2008 [cit. 2010-04-02]. POUŽÍVÁNÍ CHEMICKÝCH LÁTEK PŘI POVRCHOVÝCH ÚPRAVÁCH MATERIÁLŮ. Dostupné z WWW: <http://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/Povrchove_upravy_CHL.pdf>.
- [59] Jakubčík, L.: Moderní prostředky pro ochranu dýchacího ústrojí, *Slévárenství* 5/1989, s.210 – 212
- [60] *Tzbinfo* [online]. 3.6.2009 [cit. 2010-04-03]. Zabezpečení odsávací a filtrační technologie v prostředí s nebezpečím výbuchu. Dostupné z WWW: <<http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=5690&h=252&pl=47>>.
- [61] *ENVIROTECH odsávací systémy* [online]. c2008 [cit. 2010-04-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.envirotechsystems.cz/ofirme.htm>>.
- [62] *Gas Turbines* [online]. c2004 [cit. 2010-03-18]. Combustion Gas Turbines. Dostupné z WWW: <http://www.energysolutionscenter.org/distgen/AppGuide/Chapters/Chap4/4-3_Gas_Turbines.htm>.
- [63] *Mikropor* [online]. c2006-2010 [cit. 2010-03-18]. Gas Turbine Filters . Dostupné z WWW: <<http://mikropor.com/sub-products/gas-turbine-filters-60/1/>>.
- [64] *AAF International* [online]. c2010 [cit. 2010-03-18]. Gas Turbine Filters. Dostupné z WWW: <<http://www.aafeurope.com/en/14/gas-turbine-filters>>.
- [65] *Electrical Generation Gas Turbine Market to Top \$118 Billion Through 2014* [online]. May 31, 2005 [cit. 2010-03-20]. Forecast International . Dostupné z WWW: <<http://www.forecastinternational.com/press/release.cfm?article=67>>.
- [66] *Abercade Consulting* [online]. 2009 [cit. 2010-03-20]. The 2006-2007 World Market of Gas Turbine Generator Plants. Dostupné z WWW: <<http://abercade.ru/en/materials/analytics/330.html>>.
- [67] *Plynov%C3%A1 turb%C3%ADna In Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 19. 11. 2006, 26. 4. 2010 [cit. 2010-05-04]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Plynov%C3%A1_turb%C3%ADna>.
- [68] *Elmarco s.r.o - Nano for life* [online]. c2004-2010 [cit. 2010-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://www.elmarco.com/>>.
- [69] ZOUZALÍK, Marek . *21 století* [online]. 21. 01. 2005 [cit. 2010-05-10]. Unikátní technologie pro výrobu nanovláken vznikla v ČR! . Dostupné z WWW: <<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2005012122>>.

[70] JAKUBČÍK, Libor. *Objective source E-learning* [online]. 11.04.2004 [cit. 2010-05-10]. Rizika znečištění pracovního prostředí při hutním zpracování kovů. Dostupné z WWW: <<http://www.osel.cz/index.php?clanek=702>>.

[71] *Frost&Sullivan* [online]. 13 Jan 2009 [cit. 2010-04-05]. Economic Slowdown: What are the Prospects for the Gas Turbines Market?. Dostupné z WWW: <<http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=155528289>>.

[72] interní informace firmy Elmarco, s.r.o.